Phys. g. 116-2

Fg. 1767

<36611968190014

<36611968190014

Bayer. Staatsbibliothek

Phys. gen. 169

116

Physica. Systemata & methodi 116.

R

Leonhard Eulers

Briefe

über verschiedene Gegenstände

aus der Naturlehre.

Nach der Ausgabe

der Herren

Condorcet und de la Croix

aufs neue aus dem Französischen übersetzt und mit Anmerkungen, Zusätzen und neuen Briefen vermehrt

von

Friedrich Kries,

Lehrer an dem Gothaischen Gymnasium.

Zweyter Band.

Mit zwey Kupfertafeln.

Leipzig,

im Verlage der Dyckschen Buchhandlung.

1793.

[illegible]

Bayerische
Staatsbibliothek
München

Inhalt

der Briefe des zweyten Bandes.

		Seite
98. Brief.	Von der Schwere, als einer allgemeinen Eigenschaft der Körper.	3
99. —	Von dem absoluten und spezifischen Gewicht der Körper.	7
100. —	Von der Vertikal- und Horizontallinie, vom Nivelliren.	12
101. —	Beantwortung einiger Einwürfe gegen die kugelförmige Gestalt der Erde, die von der Schwere hergenommen sind.	16
102. —	Von der Richtung der Schwere.	20
103. —	Von der Größe der Schwerkraft an den verschiedenen Orten der Erde.	24
104. —	Von der Schwere des Mondes.	30
105. —	Von Newtons Entdeckung der allgemeinen Schwerkraft.	34
106. —	Von der wechselseitigen Anziehung der himmlischen Körper gegen einander.	39
107. —	Von den verschiedenen Meynungen über die Ursache der Schwere.	44
108. —	Von der Stärke, mit der die Körper sich unter einander anziehen.	49

		Seite
109.	Brief. Fortsetzung.	51
110.	— Beschluß.	55
111.	— Von der Bestimmung der Bewegung der himmlischen Körper aus den Gesetzen der allgemeinen Anziehung.	59
112.	— Von unserm Sonnensystem.	64
113.	— Von den Bahnen der Planeten und Kometen.	68
114.	— Von den kleinen Unregelmäßigkeiten in der Bewegung der Planeten, die durch die gegenseitige Anziehung verursacht werden.	71
115.	— Von der Ebbe und Fluth.	76
116.	— Von den verschiedenen Meynungen über die Ursache derselben.	80
117.	— Wahre Erklärung dieser Erscheinung.	84
118.	— Fortsetzung.	87
119.	— Fortsetzung.	91
120.	— Beschluß.	95
121.	— Vergleichung der beyden vornehmsten Hypothesen über die Ursache der Schwere.	100
122.	— Von dem Wesen der Körper; oder von der Ausdehnung, Bewegbarkeit und Undurchdringlichkeit der Körper.	106

Seite

123. Brief. Von der Undurchdringlichkeit der Körper insbesondere. 114

124. — Von der wahren und scheinbaren Ruhe und Bewegung der Körper. 118

125. — Von der gleichförmigen, beschleunigten und verminderten Bewegung. 123

126. — Von den Einwürfen einiger Philosophen gegen die allgemeinen Gesetze der Bewegung und Ruhe. 129

127. — Von der Trägheit der Körper. 134

128. — Von der Ursache der Bewegung der Körper. 139

129. — Kurzer Abriß der vornehmsten Erscheinungen der Elektrizität. 144

130. — Von dem Aether, als der Ursache aller Elektrizität. 149

131. — Fortsetzung desselben Gegenstandes. Von dem Unterschied der Körper in Rücksicht auf die Elektrizität. 153

132. — Fortsetzung. 157

133. — Von der positiven und negativen Elektrizität. Erklärung des elektrischen Anziehens. 162

134. — Fortsetzung. 168

135. — Von der elektrischen Atmosphäre. 173

Seite

136. Brief. Von der Mittheilung der Elektrizität durch Hülfe gläserner Kugeln. 179

137. — Von dem Einfluß der Elektrizität auf den menschlichen Körper. 184

138. — Von der negativen Elektrizität des Schwefels und des Siegellacks; ferner von dem elektrischen Büschel und dem elektrischen Stern. 190

139. — Wie man beyde Arten der Elektrizität zu gleicher Zeit hervorbringen könne. 194

140. — Von dem leydenschen Versuch. 198

141. — Von den verschiedenen Mitteln Elektrizität hervorzubringen. Von dem Turmalin. 205

142. — Von dem Donner und Blitz, als elektrischen Erscheinungen. 212

143. — Fortsetzung. 217

144. — Beschluß. 221

145. — Von der Möglichkeit die nachtheiligen Wirkungen des Blitzes zu verhindern. 226

146. — Einige Bemerkungen über die Unzulänglichkeit der Eulerischen Theorie der Elektrizität. Wiederholung der einfachsten elektrischen Erscheinungen. Eintheilung der Körper in elektrische und unelektrische. 232

Seite

147. Brief. Eintheilung der Körper in Nichtleiter, Leiter und Halbleiter. Ursprüngliche und mitgetheilte Elektrizität. 238

148. — Nähere Betrachtung der nichtleitenden und leitenden Körper. Leuchtende Schrift. Verdünnte Luft. 243

149. — Unterschied der positiven und negativen Elektrizität. 249

150. — Von den Mitteln beyde Arten der Elektrizität zu unterscheiden. 255

151. — Von einigen elektrischen Spielwerken. — Vom Elektrometer. 262

152. — Beschreibung der Elektrisirmaschine. 269

153. — Erklärung der Wirkungsart der Elektrisirmaschinen. Etwas von der großen Cuthbersonschen Maschine. 275

154. — Von der Wirkung der Spitzen. Elektrisches Flugrad. Elektrische Atmosphären. 282

155. — Von der Wirkung der elektrischen Atmosphären. Von der Vertheilung. 288

156. — Fortsetzung. 294

157. — Kurze Uebersicht der vornehmsten Gesetze der Elektrizität. 301

158. — Von der Leydner Flasche. Beschreibung derselben; Ladung und Entladung. 308

		Seite
159. Brief.	Von den Wirkungen der verstärkten Elektrizität. Kleistische Platte; Zaubergemälde; elektrische Batterie. Auslade; Elektrometer.	315
160. —	Von verschiedenen Arten der Leydner Flaschen und Platten.	322
161. —	Von der Wirkung der Spitzen auf die geladenen Flaschen. Erklärung der vornehmsten Phänomene der Leydner Flaschen.	327
162. —	Fortsetzung.	333
163. —	Vom Elektrophor.	341
164. —	Fortsetzung.	349
165. —	Von dem Condensator.	353
166. —	Von der Luftelektrizität und den Mitteln sie zu erforschen. Elektrischer Drache. Elektrizität der Gewitter. Blitzableiter.	359
167. —	Von dem Einfluß der Elektrizität auf die Pflanzen. Thierische Elektrizität. Elektrische Fische.	366
168. —	Von den Theorien der Elektrizität.	375

Briefe
an
eine deutsche Fürstinn,
über verschiedene Gegenstände
aus der Naturlehre.

Zweyter Band.

Acht und neunzigster Brief.

Nachdem ich bisher von dem Licht und den mannigfaltigen Erscheinungen, die davon abhängen, gesprochen habe, so werde ich nun die Ehre haben, Ew. Hoheit von einer Eigenschaft, die allen Körpern gemein ist, nehmlich von der Schwere zu unterhalten. Man sieht, daß alle Körper, die festen sowohl als die flüssigen, fallen, sobald sie nicht mehr unterstützt werden. Wenn ich einen Stein in der Hand halte und lasse ihn los, so fällt er auf die Erde, und würde noch weiter fallen, wenn in der Erde ein Loch wäre. Eben so würde das Papier, worauf ich jetzt schreibe, auf die Erde fallen, wenn mein Schreibtisch es nicht erhielte; und so ist es mit allen Körpern, die wir nur kennen. Es giebt keinen einzigen, der nicht fiele, wenn er nicht mehr unterstützt wird. Die Ursache dieser Erscheinung oder dieser Neigung zu fallen, wird die Schwere genannt. Wenn man sagt, daß alle Körper schwer sind, so heißt das so viel, als daß sie alle eine Neigung haben zu fallen, und wirklich fallen würden, wenn man das, was sie unterstützt oder zurückhält, wegnähme. Den Alten war diese

Eigenschaft nicht hinlänglich bekannt. Sie glaubten, daß es Körper gäbe, die von Natur ein Bestreben hätten, sich in die Höhe zu erheben, wie der Rauch und die Dünste; und diese Körper nannten sie leichte Körper, um sie von den andern, die eine Neigung zu fallen haben, zu unterscheiden. *) Aber in den neuern Zeiten hat man eingesehen, daß die Luft es ist, welche diese Körper in die Höhe treibt; denn in einem luftleeren Raum fällt der Rauch und die Dünste, wie man aus Versuchen mit der Luftpumpe weiß, eben so gut zu Boden, wie ein Stein; und folglich sind diese Materien ihrer Natur nach schwer, so wie alle andern Körper. Wenn sie daher in der Luft in die Höhe steigen, so geschieht es aus derselben Ursache, aus welcher das Holz, wenn es unter Wasser getaucht wird, wieder emporkommt, und auf der Oberfläche fortschwimmt, wofern man es nicht mit Gewalt niederdrückt. Das Holz ist nehmlich leichter, als das Wasser, und nach einer allgemeinen Regel steigt jeder Körper in einer flüssigen Materie, die schwerer als er selbst ist, in die Höhe. Wenn man in ein Gefäß mit Queck-

*) Daß es andere unter den Alten gab, die richtigere Begriffe von der Schwere hatten, und auch ohne Luftpumpe einsahen, daß im leeren Raum alle Körper mit gleicher Geschwindigkeit fallen, beweist unter andern eine Stelle im Lukrez II, 225. ff. A. d. U.

silber ein Stück Eisen oder Kupfer, oder Silber, ja sogar Bley hineinwirft, so schwimmt es, und taucht man es unter, so kommt es von selbst wieder in die Höhe; das Gold allein, welches schwerer als Queckſilber ist, sinkt zu Boden. Da es also Körper giebt, die, ungeachtet ihrer Schwere, in dem Wasser oder in einer andern Flüssigkeit in die Höhe steigen, aus dem einzigen Grunde, weil sie nicht so schwer als diese Flüssigkeit sind: so ist es auch nicht zu verwundern, daß Körper, die leichter als die Luft sind, wie der Rauch und die Dünste, in ihr in die Höhe steigen. Ich habe schon zu einer andern Zeit *) bemerkt, daß die Luft selbst schwer ist, und daß sie eben durch ihre Schwere das Queckſilber in der Barometerröhre erhält. Wenn man also sagt, daß alle Körper schwer sind, und wenn sie nicht unterstützt werden, fallen, so versteht sichs, in einem leeren Raum, wo weder Luft noch eine andere Materie ihnen zur Unterstützung dient. Ich könnte sogar noch hinzusetzen, daß sie alsdenn alle mit einer gleichen Geschwindigkeit fallen; denn ein Dukaten und eine Feder fallen unter der Glocke einer Luftpumpe gleich schnell zu Boden.

Hoffentlich wird niemand gegen die Allgemeinheit dieser Eigenschaft der Körper einwenden, daß

*) Im ersten Bande S. 67. ff.

eine Bombe, die aus einem Mörser geschossen wird, nicht gleich Anfangs auf die Erde fällt, wie ein Stein, den man aus der Hand fallen läßt, sondern in die Höhe steigt; denn es ist ja offenbar, daß blos die Gewalt des Pulvers sie in die Höhe treibt; ohne dieses würde sie gewiß den Augenblick niederfallen. Wir sehen sogar, daß sie nicht beständig fortsteigt, sondern, wenn die Kraft, die sie in die Höhe getrieben hat, sich verliert, so fällt sie wirklich, und zertrümmert alles, was ihr im Wege liegt; und das ist Beweis genug für ihre Schwere. Wenn man also behauptet, daß alle Körper schwer sind, so leugnet man damit nicht, daß sie in ihrem Fall aufgehalten und selbst in die Höhe getrieben werden können. Das muß aber durch Kräfte geschehen, die nicht in den Körpern selbst liegen; und es bleibt immer gewiß, daß ein jeder Körper, wenn er sich selbst überlassen ist und sich in Ruhe befindet, fallen wird, so bald man aufhört ihn zu unterstützen. Unter meinem Zimmer ist ein Keller, aber der Fußboden hält mich, und verhindert, daß ich nicht hineinfalle. Wenn dieser plötzlich verfaulte, und das Gewölbe des Kellers zu gleicher Zeit einstürzte, so würde ich unfehlbar auch sogleich hinunter fallen, weil mein Körper eben so wohl schwer ist, als alle andere, die wir kennen. Ich sage: die wir kennen; denn vielleicht giebt es Körper ohne Schwe-

re; dergleichen könnte das Elementarfeuer, die elektrische und magnetische Materie seyn. Diese Körper ausgenommen, deren Natur uns noch nicht hinlänglich bekannt ist, kann man die Schwere als eine allgemeine Eigenschaft der Körper ansehen, vermöge welcher sie eine Neigung haben zu fallen, uud wirklich fallen, sobald sie nicht durch eine äußere Kraft daran verhindert werden. Den 23. Aug. 1760.

Neun und neunzigster Brief.

Ew. Hoheit haben gesehen, daß die Schwere eine allgemeine Eigenschaft aller Körper ist, die wir kennen, und daß sie sich dadurch äußert, daß die Körper, wie von einer unsichtbaren Kraft getrieben, gegen die Erde fallen. Die Philosophen haben viel gestritten, ob es wirklich eine Kraft gebe, die auf eine unsichtbare Weise auf die Körper wirke, oder ob es eine innere Eigenschaft sey, die gleichsam als ein Instinkt in der Natur der Körper selbst liege und sie bestimme sich hinunterwärts zu bewegen. Diese Frage läuft darauf hinaus: ob die Ursache der Schwere in den Körpern selbst liegt, oder ob sie sich außer ihnen befindet? Ehe wir es unternehmen diese Frage aufzulösen, müssen wir zuvor alle Umstände, die sich bey der Schwere der Kör-

per finden, sorgfältiger untersuchen. Zuerst bemerke ich, daß, wenn man einen Körper unterstützt, um zu verhindern, daß er nicht falle, z. B. wenn man ihn auf einen Tisch legt, er mit eben der Gewalt gegen den Tisch drückt, mit welcher er fallen würde. Hängt man ihn an einem Faden auf, so wird der Faden durch eben die Kraft gespannt, durch welche der Körper gegen die Erde getrieben wird, das heißt, durch seine Schwere; und wäre der Faden nicht stark genug, so würde er zerreissen. Hieraus sehen wir, daß alle Körper eine gewisse Gewalt gegen die Gegenstände anwenden, welche sie unterstützen und zu fallen verhindern, und daß diese Gewalt derjenigen vollkommen gleich ist, mit welcher der Körper fallen würde, wenn er frey wäre. Wenn man einen Stein auf einen Tisch legt, so wird der Tisch gedrückt. Man braucht nur die Hand zwischen den Stein und den Tisch zu halten, so wird man diese Gewalt wohl fühlen, die groß genug werden kann, die Hand zu zerquetschen. Diese Kraft heißt das Gewicht des Körpers; und es ist klar, daß Gewicht und Schwere eines Körpers einerley bedeuten, indem beydes die Kraft anzeigt, mit welcher der Körper gegen die Erde getrieben wird, es mag nun diese Kraft in dem Körper selbst oder außer ihm liegen. *)

*) Daß zwischen Gewicht und Schwere eines Körpers allerdings ein Unterschied sey, und worin dieser beste-

Die Begriffe, die wir von dem Gewicht der Körper haben, sind so deutlich, daß es nicht nöthig ist, sich länger dabey aufzuhalten; ich erinnere nur, daß wenn man zwey Körper zusammen verbindet, auch ihre Gewichte vereinigt werden, das heißt, daß das Gewicht des zusammengesetzten Körpers so groß ist, als die Summe von den Gewichten der einzelnen Theile; also können die Gewichte der Körper sehr verschieden seyn. Wir haben sogar ein sehr bequemes Werkzeug, wodurch wir die Gewichte der Körper unter einander zu vergleichen und zu messen im Stande sind; dieß ist die Wage, welche die Eigenschaft hat, daß, wenn zwey gleich schwere Körper in ihre beyden Schalen gelegt werden, sie im Gleichgewicht bleibt. Um mit diesem Werkzeuge die Vergleichung zwischen den Gewichten der Körper besser anstellen zu können, hat man ein gewisses Gewicht, wie z. B. ein Pfund, zum Maaße festgesetzt; dadurch ist man im Stande alle Körper zu wiegen, oder die Anzahl von Pfunden zu bestimmen, die das Gewicht eines jeden beträgt. Ist der Körper zu groß, als daß er in die Wagschale hineinginge, so theilt man ihn, und wiegt die einzelnen Theile; die Summe der Gewichte von diesen giebt dann das Gewicht des ganzen Körpers. Auf diese Art könnte

he, ist S. 68. des ersten Bandes in der Anmerkung gezeigt worden.

man das Gewicht eines ganzen Hauses finden, es möchte so groß seyn, als es wollte.

Ew. Hoheit werden ohne Zweifel schon bemerkt haben, daß ein kleines Stück Gold eben so viel wiegt, als ein weit größeres Stück Holz; woraus man sieht, daß die Gewichte der Körper nicht immer in gleichem Verhältniß mit ihrer Größe stehen, und daß ein sehr kleiner Körper ein ziemlich großes Gewicht haben, dagegen ein anderer sehr großer Körper nur sehr wenig wiegen kann. Bey einem jeden Körper also lassen sich zwey ganz verschiedene Messungen anstellen: durch die eine wird seine Größe oder sein Umfang bestimmt, und diese Messung gehört für die Geometrie, welche sich mit Ausmessung der Größe oder der Ausdehnung der Körper beschäftigt. Durch die andere aber bestimmt man sein Gewicht, und die ist ganz von der ersten unterschieden; durch sie erkennt man den Unterschied in der Menge der Materie oder der Masse, welche die Körper enthalten. Geruhen Ew. H. sich zwey Körper von verschiedener Materie, aber von gleicher Größe vorzustellen, einen jeden z. B. in Form eines Würfels, dessen Länge, Breite und Höhe ein Fuß sey. Eine Masse von diesem Umfange würde, wenn sie Gold wäre, 1330 Pfund; wäre sie Silber, 770 Pfund; wäre sie Eisen, 500 Pfund; wäre sie Wasser, nur 70 Pfund, und wäre sie Luft, nur den zwölften Theil eines Pfundes wie-

gen. Also macht die Verschiedenheit der Materie, aus welcher die Körper bestehen, einen sehr beträchtlichen Unterschied in Ansehung ihrer Schwere oder vielmehr ihres Gewichts. Und diesen Unterschied meint man, wenn man z. B. sagt, daß Gold schwerer sey, als Silber, welches nicht so zu verstehen ist, als ob ein Pfund Gold schwerer wäre, als ein Pfund Silber; denn ein Pfund, von welcher Materie es auch sey, bleibt immer ein Pfund, und hat also immer einerley Gewicht, sondern der Sinn ist, daß, wenn man zwey Stücke von gleicher Größe nimmt, das eine Gold, das andere Silber, das Gewicht des Goldes mehr beträgt, als das Gewicht des Silbers. Eben so, wenn man sagt, daß das Gold neunzehnmal schwerer, als das Wasser ist; so heißt das nichts anders, als daß, wenn man zwey dem Umfange nach gleich große Massen Gold und Wasser nimmt, das Gold neunzehnmal mehr wiegen wird, als das Wasser. Durch diese Art zu reden soll also nicht das Gewicht eines Körpers an und für sich, oder, wie man sagt, sein absolutes Gewicht bestimmt, sondern nur das Verhältniß zwischen den Gewichten zweyer Körper von gleichem Umfang ausgedrückt werden. *) Es thut nichts

*) Man nennt dieß ihre spezifische Schwere oder besser ihr spezifisches Gewicht. Vergl. die Anmerk. im ersten Bande, S. 68.

zur Sache, ob dieser Umfang groß oder klein, wenn er nur in beyden gleich ist. Den 25. Aug. 1760.

Hundertster Brief.

Die Schwere scheint uns so wesentlich zu dem Begrif eines Körpers zu gehören, daß es uns fast unmöglich ist uns einen Körper zu gedenken, der nicht schwer wäre. Auch äußert diese Eigenschaft bey allem, was wir mit den Körpern vornehmen, ihre Wirkung so sichtbar, daß wir auf sie nothwendig jederzeit Rücksicht nehmen müssen. Wir selbst mögen stehen, oder sitzen oder liegen, so fühlen wir unaufhörlich die Wirkung von der Schwere unsers eigenen Körpers; wir würden niemals fallen, wenn unser Körper und jeder einzelne Theil desselben nicht schwer wäre, oder jene Neigung zu fallen hätte, so bald er nicht unterstützt wird. Sogar gewisse Ausdrücke unserer Sprache gründen sich auf diese Eigenschaft der Körper, und wir nennen das unten, was in der Gegend liegt, nach welcher fallende Körper hingetrieben werden; und dasjenige oben, was sich in der entgegengesetzten Richtung befindet. Hierbey muß man bemerken, daß, wenn man einen Körper frey fallen läßt, er sich immer in einer geraden Linie hinunterbewegt, welche man die Richtung seiner Schwe-

re nennt. Diese Linie heißt auch die Vertikallinie. Man versteht also darunter eine gerade Linie, die von oben nach unten geht; und wenn wir diese Linie in Gedanken hinauf bis an den Himmel verlängern, so nennen wir den Punkt, wo sie den Himmel trifft, mit einem arabischen Wort das Zenith oder im Deutschen den Scheitelpunkt. Ew. H. sehen also, daß eine Vertikallinie diejenige gerade Linie ist, nach welcher ein Körper fällt, so bald er nicht unterstützt wird. Bindet man einen Körper an einen Faden, den man an dem andern Ende fest hält, so wird der Faden in einer geraden Linie ausgedehnt werden, und diese wird eben die Vertikallinie seyn. Daher bedienen sich die Maurer eines Fadens, der mit einer Bleykugel beschwert ist, wenn sie Mauern aufführen, weil diese, um eine gehörige Festigkeit zu haben, vertikal oder lothrecht seyn müssen.

Alle Fußböden in einem Hause müssen so gemacht werden, daß die Vertikallinie senkrecht darauf fällt; alsdenn sagt man, daß der Boden horizontal sey; und eine horizontale Ebene ist also, wie Ew. H. sehen, eine solche, auf welcher die Vertikallinie senkrecht steht. Wenn man sich auf einer weiten Ebene befindet, die durch keine Berge eingeschränkt ist, so nennt man den äußersten Rand derselben den Horizont — ein griechisches Wort, welches so viel

als die Grenze unsers Gesichtskreises bedeutet — und diese Ebene stellt alsdenn eine horizontale Fläche vor, eben so wie die Oberfläche eines Teichs oder eines See's. Man hat noch einen andern Ausdruck für das, was horizontal ist, man nennt es nehmlich wagerecht. So sagt man auch, daß zwey Punkte wagerecht sind, wenn die gerade Linie, die durch beyde Punkte geht, wagerecht oder horizontal ist. Ist sie hingegen nicht horizontal, so sind es auch die Punkte nicht, sondern einer von beyden liegt höher, als der andere. Dieß ist z. B. der Fall bey den Flüssen, deren Oberfläche immer abhängig geht; denn wäre sie horizontal, so würde der Fluß stille stehen, und nicht fortfließen; — alle Flüsse gehen aus höhern in niedrigere Gegenden. Man hat Instrumente, durch die man finden kann, ob zwey Punkte wagerecht sind, oder ob der eine höher liegt als der andere, und um wie viel. Diese Instrumente nennt man Wasser- oder Nivellirwagen, und die Kunst sie zu gebrauchen, die Nivellirkunst. Wenn Ew. H. aus einem Punkt Ihres Zimmers in Berlin eine gerade Linie nach einem Punkt Ihrer Wohnung in Magdeburg wollten ziehen lassen, so könnte man vermittelst dieses Instruments finden, ob diese Linie horizontal wäre, oder ob einer von den beyden Punkten höher läge, als der andere. Ich glaube, daß der Punkt in Ber-

lin höher seyn würde, als der in Magdeburg, und ich gründe mein Urtheil auf den Lauf der Spree, der Havel und der Elbe. Da die Spree in die Havel fällt, so muß sie höher seyn als diese; und aus demselben Grunde muß die Elbe niedriger liegen als die Havel; Berlin ist also höher als Magdeburg, wenn man nehmlich zwey von der Erde gleich weit entfernte Punkte mit einander vergleicht; denn wenn man von dem ebenen Boden in Berlin eine gerade Linie an die Spitze des Domthurms in Magdeburg zöge, so könnte diese Linie vielleicht horizontal seyn.

Ew. H. werden hieraus urtheilen, wie nützlich die Nivellirkunst ist, um Kanäle und Wasserleitungen anzulegen; denn da das Wasser nicht aus einem tiefern nach einem höhern Ort fließen kann, so muß man, bevor man den Kanal gräbt, auch versichert seyn, daß die Gegend, nach welcher das Wasser geführt werden soll, tiefer liegt als der Ort, wo es entspringt; und dieß erfährt man durch das Nivelliren. Wenn eine Stadt gebauet werden soll, so müssen die Straßen so angeleget werden, daß sie einen Abhang nach einer Seite haben, damit das Wasser ablaufen kann. Nicht so ist es bey den Gebäuden, wo die Fußböden in den Zimmern vollkommen wagerecht seyn müssen, weil hier kein Wasser abfließen darf; und nur in den Ställen macht man den Boden abhängig. Besonders sehen die Astrono-

men darauf, daß die Fußböden ihrer Sternwarten vollkommen horizontal sind, und mit dem wahren Horizont am Himmel übereinkommen, indeß die Vertikallinie. nach oben zu verlängert, ihnen das Zenith anzeigt. Den 27. Aug. 1760.

Hundert und erster Brief.

Ew. H. wissen, daß die Erde ungefähr die Gestalt einer Kugel hat; denn ob man gleich in den neuern Zeiten die Entdeckung gemacht hat, daß sie nicht vollkommen kugelförmig, sondern gegen die Pole zu ein wenig abgeplattet ist, so macht doch dieser Unterschied so wenig aus, daß er hier gar nicht in Betrachtung kommt. Auch hindern die Berge und Thäler nicht, sie als eine Kugel anzusehen, denn da ihr Durchmesser auf 1720 deutsche Meilen beträgt, und die höchsten Gebirge sich noch nicht einmal eine einzige Meile über die Erdfläche erheben; so sind sie gegen die Größe der ganzen Erde für nichts zu achten.

Die Alten haben die wahre Gestalt der Erde nicht gekannt. *) Die meisten von ihnen sahen sie

*) Mehrere von den alten Philosophen hatten die richtige Meinung von der Gestalt der Erde, daß sie rund

als

als eine große ebene Fläche an, die zum Theil mit Erde, zum Theil mit Wasser bedeckt sey. Nur die obere Seite dieser Fläche konnte, ihrer Meinung nach, bewohnt werden, und die äußersten Grenzen derselben hielten sie für unzugänglich. Da man in der Folge auf den Gedanken gerieth, daß die Erde wahrscheinlich rund, und überall bewohnbar wäre, mithin daß es Oerter gäbe, die uns gerade entgegengesetzt lägen, und deren Einwohner die Füsse gegen die unsrigen kehrten — weswegen sie Antipoden genannt wurden — so fand diese Meinung anfangs so großen Widerspruch, daß einige Kirchenväter sie sogar als eine große Ketzerey ansahen, und diejenigen mit dem Bannstrahl bedrohten, welche Antipoden glauben würden. Heutigstags aber würde man einen für einen sehr unwissenden Menschen halten, der noch daran zweifeln wollte, besonders seitdem diese Sache durch die öftern Reisen um die Welt zur vollkommensten Gewißheit gebracht ist. Indessen zeigt sich hier doch noch eine Schwierigkeit, deren Auflösung dazu dienen kann, uns die wahre Richtung der Schwere sehen zu lassen.

Wenn der Kreis AB (I. Taf. 1. Fig.) die Erde vorstellt, und wir uns in A befinden, so werden

oder kugelförmig wäre, aber sie konnten sie nur nicht mit den sichern Beweisen unterstützen, womit wir es jetzt können. A. d. U.

unsre Antipoden uns gerade gegenüber in B seyn; da wir nun den Kopf oben, und die Füsse unten haben, so müssen bey den Antipoden die Füsse oben und der Kopf unten liegen, wenn wir nehmlich unter diesen Worten dieselbe Richtung verstehen, die wir bey uns dadurch bezeichnen. Denn diejenigen, welche um die Welt gereist sind, haben überall gefunden, daß ihr Kopf und ihre Füsse dieselbe Lage gegen die Oberfläche der Erde hatten, wie bey uns, und daß ihre Füsse jederzeit gegen die Erde gekehrt waren. Es entstand also die Frage: wie es zuginge, daß die Leute in B nicht von der Erde weg fielen, da doch ihre Füsse, wie man aus der Figur sieht, nach oben und ihr Kopf nach unten gerichtet ist? Einige glaubten die Sache dadurch zu erklären, daß sie die Erde mit einer Kugel verglichen, auf welcher von allen Seiten Fliegen oder andere Insekten herumkröchen; so wenig man diese, sagten sie, herunterfallen sähe, eben so wenig fielen auch die Menschen von der Erde herunter. Aber sie bedachten nicht, daß die Insekten, die an dem untern Theil der Kugel sitzen, sich nur vermittelst ihrer Krallen festhalten, ohne welche sie sehr bald herunterfallen würden. Nach dieser Erklärung müßte also der Antipode große Haken an seinen Sohlen haben, um sich in die Erde einzuhaken; aber er hat keine, und fällt doch eben so wenig als wir. Ja, so wie

wir uns einbilden, oben auf der Erde zu seyn, so glaubt es der Antipode auch, und bildet sich ein, daß wir unten wären.

Die ganze Sache erklärt sich sehr leicht, wenn man annimmt, was durch Thatsachen erwiesen ist, daß die Richtung der Schwere in allen Punkten der Erde auf die Oberfläche derselben senkrecht geht, daß sie also nicht überall einerley, sondern in den verschiedenen Punkten der Erde verschieden, und an zwey einander entgegengesetzten Orten gerade entgegengesetzt ist. Die Wörter oben und unten sollen also nicht immer eine und eben dieselbe Richtung bezeichnen, sondern nur die Richtung der Schwere andeuten, sie mag gehen wie sie will. Unsere Antipoden haben den Kopf nur in Beziehung auf uns unten, aber nicht in Beziehung auf sich selbst; sie befinden sich, eben so wie wir, in derjenigen Lage, welche die Kraft der Schwere ihnen einzig verstattet, und in welcher sie sie hält; und diese Lagen sind in Rücksicht auf die Oberfläche der Erde alle einander ähnlich. Doch für Ew. H. wird diese ganze Erklärung überflüssig seyn; aber es gab eine Zeit, und diese ist noch nicht so gar lange vorüber, wo sie selbst für solche Leute nöthig gewesen wäre, denen man damals den Namen der Gelehrten gab. Den 28. Aug. 1760.

Hundert und zweyter Brief.

Obgleich die Oberfläche der Erde durch die Berge und Thäler, die sich darauf befinden, sehr uneben gemacht wird, so ist sie doch da, wo Meer ist, vollkommen eben, weil die Oberfläche des Wassers immer horizontal ist, und die Vertikallinie, nach welcher die Körper fallen, senkrecht darauf steht. Wenn also die ganze Erde mit Wasser bedeckt wäre, so würde die Vertikallinie überall, wo man sich nur befände, auf der Oberfläche des Wassers senkrecht seyn.

Es stelle z. B. die Figur ABCDEFGHI (I. Taf. 2. Fig.) die Erde vor, wo die Oberfläche durchgehends horizontal ist, so wird in A die Linie Aa vertikal seyn, in B die Linie bB, in C die Linie cC u. s. w. An einem jeden Ort aber bestimmt die Vertikallinie was oben und unten ist; und so wird für die Bewohner in A der Punkt A unten, und der Punkt a oben seyn; für die in F der Punkt F unten, und der Punkt f oben, und so fort an allen übrigen Orten der Erde. Alle diese Vertikallinien aA, bB, cC u. s. w. werden auch die Direktionslinien der Schwere genannt, weil die Körper jederzeit nach der Richtung dieser Linien fallen; z. B. ein Körper, den man in g fallen ließe, würde nach der Linie gG fallen. Hieraus sieht man, daß die Körper überall gegen

die Erde fallen, und zwar senkrecht auf die Oberfläche derselben oder vielmehr des Wassers, wenn es allenthalben Wasser gäbe. Man wird also auch an einem jeden Ort der Erde dasjenige unten nennen, was nach der Erde hin gerichtet ist, oder was ihr am nächsten liegt, und dasjenige oben, was sich in entgegengesetzter Richtung befindet, oder weiter von der Erde entfernt ist; und da nun die Menschen überall die Füsse auf der Erde haben, so werden auch ihre Füsse unten und ihre Köpfe oben seyn. Wenn die Erde eine vollkommene Kugel wäre, so würden alle Vertikallinien, aA, bB, cC, gehörig verlängert, im Mittelpunkt O zusammentreffen, und daher sagt man, daß die Körper durchgehends ein Bestreben haben, sich dem Mittelpunkt der Erde zu nähern. Man mag sich also an einem Ort der Erde befinden, wo man will, so wird man auf die Frage, was unten sey, immer antworten müssen, das, was dem Mittelpunkt der Erde am nächsten liegt. In der That, wenn man ein Loch in die Erde grübe, es sey wo es sey, und führe beständig fort zu graben, so könnte man endlich auf den Mittelpunkt der Erde kommen. Ew. H. werden sich erinnern, daß Voltaire sich oft über dieses Loch, das bis zum Mittelpunkt der Erde gehen sollte, und wovon Maupertuis gesprochen hatte, lustig zu machen pflegte. Es ist wahr, ein solches Loch könnte

nie gemacht werden, weil man eine Tiefe von 860 deutschen Meilen zu graben hätte; indessen ist es doch erlaubt es anzunehmen, um zu sehen, was alsdenn erfolgen würde.

Wir wollen also annehmen, daß dieses Loch von A (I. Taf. 3. Fig.) über den Mittelpunkt der Erde O hinaus bis zu unsern Antipoden in B ginge, und daß wir durch dieses Loch hinabstiegen. Ehe wir an den Mittelpunkt O kämen, z. B. wenn wir in E wären, so würde der Mittelpunkt der Erde O unter uns und der Punkt A über uns zu seyn scheinen, und wenn wir uns nicht fest hielten, so würden wir nach O fallen. Wenn wir aber über den Mittelpunkt hinaus, z. B. bis nach F gekommen wären, so würde unsere Schwere gegen O gerichtet seyn; folglich würde uns dieser Punkt, und noch mehr der Punkt A unten, und der Punkt B oben zu seyn scheinen. Also würden die Wörter unten und oben auf einmal ihre Bedeutung verändern, ohnerachtet wir in einer geraden Linie von A nach B fortgingen. So lange wir von A nach O gingen, so lange würden wir hinabsteigen; wenn wir aber von O nach B gingen, so würden wir wirklich in die Höhe steigen, weil wir uns immer weiter von dem Mittelpunkt der Erde entfernten, und unsere eigene Schwere beständig gegen diesen Punkt gerichtet wäre; so daß, wenn wir fielen, es möchte nun in E oder in F seyn, wir

immer gegen den Mittelpunkt der Erde fallen würden. Unser Antipode in B würde sich gerade in dem nehmlichen Falle befinden, wenn er durch das Loch von B nach A steigen wollte, von B bis zum Mittelpunkt O müßte er hinunter, und von O bis A hinaufsteigen.

Nach diesen Betrachtungen werden wir den Begriff der Schwere auf folgende Weise bestimmen können; sie ist eine Kraft, durch welche alle Körper gegen den Mittelpunkt der Erde getrieben werden. Derselbe Körper, den die Schwere, so lange er sich in A befindet, nach der Richtung AO treibt, wird, wenn man ihn nach B bringt, durch eben diese Schwere nach der Richtung BO, die der erstern gerade entgegengesetzt ist, getrieben. Die Bedeutung der Wörter unten und oben, herunter und heraufsteigen hängt also überall von der Richtung der Schwere ab; und da unser Körper an allen Orten der Erde, wenn wir aufrecht stehen, die Richtung der Schwere hat, so nennen wir das, was nach unsern Füssen zugeht, immer unten, und was nach der entgegengesetzten Richtung oder nach unserm Kopf zu liegt, oben. Den 29. Aug. 1760.

Hundert und dritter Brief.

Ew. H. haben gesehen, daß alle Körper durch ihre Schwere gerade gegen den Mittelpunkt der Erde, und senkrecht auf die Oberfläche derselben getrieben werden; und daß die auf die Oberfläche unserer Erdkugel senkrecht gehenden Linien die Direktionslinien der Schwerkraft sind. Es ist gewiß nicht unrecht, wenn die Schwere eine Kraft genannt wird, da man alles, was einen Körper in Bewegung zu setzen vermag, eine Kraft zu nennen pflegt. So schreibt man den Pferden eine Kraft zu, weil sie im Stande sind einen Wagen fortzuziehen; deßgleichen den Flüssen und Winden, weil durch sie Mühlen getrieben werden können. Es ist also kein Zweifel, daß auch die Schwere eine Kraft sey, da sie den Fall der Körper verursacht; auch bemerken wir die Wirkung dieser Kraft durch den Druck, den wir fühlen, wenn wir eine Last tragen.

Bey einer jeden Kraft aber hat man auf zwey Stücke zu sehen, erstens, auf die Richtung, nach welcher sie wirkt, und zweytens, auf ihre Größe oder Intensität. Was die Richtung anbetrifft, so ist sie uns bey der Kraft der Schwere nunmehr hinlänglich bekannt, da wir wissen, daß alle Körper durch sie gegen den Mittelpunkt der Erde, oder, welches einerley ist, senkrecht auf die Oberfläche dersel-

ben getrieben werden. Es bleibt uns also nur übrig ihre Größe zu untersuchen. Allein die Kraft der Schwere, über deren wahre Beschaffenheit wir noch gar nicht unterrichtet sind, läßt sich nicht unmittelbar messen. Doch giebt es ein Mittel, das uns in den Stand setzt, den Unterschied in ihrer Wirkung zu erkennen, woraus wir auf die Zu- oder Abnahme der Intensität dieser Kraft selbst schließen können. Dieß ist der Druck oder das Gewicht der Körper. Hier muß ich aber gleich, um allem Mißverständniß vorzubeugen, folgende Anmerkung machen: Der Druck oder das Gewicht eines Körpers kann auf eine doppelte Art vergrößert werden. Erstens dadurch, daß man die Masse des Körpers vermehrt. Genau betrachtet wird auf diese Art freylich nicht das Gewicht dieses Körpers selbst vergrößert, sondern man verbindet nur mit seinem Gewicht noch das Gewicht der hinzugefügten Masse. Im gemeinen Leben aber pflegt man dieß nicht zu unterscheiden. So sagt man z. B. daß ein Gefäß mehr wiegt, wenn sich eine Quantität Wasser darin befindet, als wenn es leer ist. Eigentlich aber wiegt es in beyden Fällen gleich viel, und im erstern kommt nur zu dem Gewicht des Gefässes noch das Gewicht des Wassers hinzu. Diese Art von Vergrößerung des Gewichts beweist daher auch schlechterdings keine Vergrößerung der Schwerkraft selbst, sondern zeigt nur eine Vermehrung der

wiegenden oder schweren Theile, das heißt der Materie an.

Die andere Art der Vergrößerung des Gewichts entsteht durch die Vergrößerung der Schwerkraft selbst. Wenn ein Körper einen größern Druck gegen die Kraft, die ihn zurückhält, ausübt, oder wenn er mehr wiegt, ohne daß seine Masse zugenommen hat, so muß die Kraft, die ihn zum Boden treibt, das ist die Schwere, größer geworden seyn. Wenn ich z. B. einen Stein in der Hand hätte, dessen Gewicht meine Kräfte nicht übersteigt, und ich würde plötzlich an einen Ort versetzt, wo ich ihn nicht mehr zu erhalten im Stande wäre, ohne daß gleichwohl seine Masse vergrößert, oder meine Stärke vermindert worden wäre, so könnte ich sicher schließen, daß die Schwerkraft hier zugenommen hätte. Diese Art von Vergrößerung oder Verminderung des Gewichts oder besser des Drucks, wobey die Masse der Körper selbst nicht verändert wird, ist ein sichrer Beweis von der Zu- oder Abnahme der Schwerkraft selbst.

Wenn wir also die Größe der Schwerkraft an den verschiedenen Orten der Erde untersuchen wollen, so dürfen wir nur sehen, ob derselbe Körper, ohne in Ansehung seiner Masse verändert zu werden, überall einerley Gewicht behält. Man hat aber durch sehr genaue Versuche erfahren, daß ein jeder Kör-

per in den Gegenden des Aequators etwas weniges leichter wird, als er um die Pole herum ist. Ew. H. werden sehr wohl einsehen, daß man diesen Unterschied durch keine Wage, auch nicht die allergenaueste, hat entdecken können. Denn die Gewichte, die man zum Abwägen der Körper brauchen wollte, würden dieselbe Veränderung erleiden. Ein Gewicht also, das hier z. B. 100 Pfund wiegt, würde auch unter dem Aequator 100 Pfund wiegen; aber die Gewalt, mit der es fällt, oder der Druck, den es ausübt, würde etwas geringer seyn, als bey uns. Und eben aus dem Fall der Körper, dessen größere oder geringere Geschwindigkeit von der größern oder geringern Kraft der Schwere abhängt, hat man diese Veränderung erkannt. Man hat nehmlich gefunden, daß ein Körper unter dem Aequator nicht so geschwinde fällt, als in unsern Gegenden und weiter nach dem Pole zu. Es ist also gewiß, daß derselbe Körper, wenn er an verschiedene Orte der Erde gebracht wird, eine kleine Veränderung an seinem Gewicht erleidet. Nun lassen Sie uns wieder in das Loch, das wir mitten durch die Erde gemacht haben, zurückkehren: was wird geschehen, wenn wir einen Körper in den Mittelpunkt der Erde selbst legen? Offenbar wird er hier seine Schwere oder sein Gewicht ganz verlieren, da er keine Neigung mehr hat nach irgend einer Seite zu fallen, indem überall die

Direktionslinien der Schwere eben nach dem Mittelpunkt zu gehen. Wenn also das Gewicht eines Körpers im Mittelpunkt der Erde ganz verschwindet, so muß es bey der Annäherung des Körpers gegen diesen Punkt nach und nach immer mehr abnehmen. Hieraus schließen wir, daß, wenn ein Körper in das Innere der Erde eindringt, er in dem Maaße von seinem Gewicht verliert, als er sich dem Mittelpunkt nähert. Und also ist die Schwere nicht so nothwendig mit dem Wesen der Körper verbunden, als es dem ersten Anblick nach scheint, da nicht nur ihre Intensität, sondern auch ihre Richtung so veränderlich ist.

Nach dieser Reise zum Mittelpunkt der Erde wollen wir uns wieder auf die Oberfläche zurückbegeben, und nun auch den Gipfel der höchsten Berge besteigen. Hier werden wir keine merkliche Veränderung in der Schwere der Körper gewahr, ungeachtet man sehr starke Gründe zu vermuthen hat, daß sich das Gewicht eines Körpers in eben dem Grade vermindert, als er sich weiter von der Erde entfernt. Wir dürfen uns nur vorstellen, daß ein Körper so weit wie die Sonne oder gar wie ein Fixstern von der Erde entfernt wird, so können wir unmöglich glauben, daß er alsdenn noch auf die Erde zurückfallen werde, da diese in einer so ungeheuren Entfernung ganz verschwindet. Daraus folgt denn, daß ein Körper, wenn er sich von der Erde entfernt,

immer mehr und mehr von seiner Schwere verlieren muß, bis sie endlich ganz aufhört. Wie weit sich aber die Schwerkraft der Erde erstreckt, können wir nicht bestimmen; doch ist so viel ausgemacht, daß ein Körper, der so weit wie der Mond von der Erde entfernt wäre, noch einiges Gewicht haben würde, aber es würde 3600 mal kleiner, als auf der Oberfläche der Erde seyn. Wenn wir annehmen, daß dieser Körper auf der Erde 3600 Pfund wöge, so würde kein Mensch im Stande seyn ihn zu erheben; bringt man ihn aber so weit von der Erde weg, wie der Mond ist, so mache ich mich anheischig, ihn mit einem Finger zu halten; denn er würde da nicht mehr als ein Pfund, und weiter hinaus noch weniger wiegen.

Wir sehen also, daß die Schwere eine Kraft ist, die alle Körper gegen den Mittelpunkt der Erde treibt; daß diese Kraft auf der Oberfläche der Erde stärker als an irgend einem andern Orte wirkt, und daß sie abnimmt, je mehr man sich dem Mittelpunkt nähert, oder je weiter man sich von der Erde entfernt.

Den 30. Aug. 1760.

Hundert und vierter Brief.

Ew. H. werden sich aus meinem letzten Briefe erinnern, daß die Wirkung der Schwere auf einen Körper um so mehr abnimmt, je weiter er sich von der Erde entfernt, und daß, wenn man ihn bis zu der Höhe des Mondes brächte, er nur noch den 3600sten Theil seines Gewichts haben, oder mit einer 3600 mal schwächern Kraft gegen den Mittelpunkt der Erdkugel getrieben werden würde, als es hier auf der Oberfläche der Erde geschieht. Gleichwohl wäre diese Kraft noch hinreichend, seinen Fall auf die Erde zu bewirken, so bald er nicht unterstützt oder zurückgehalten würde. Freylich können wir uns von der Wahrheit dieser Behauptung nicht durch einen Versuch überzeugen, weil es uns unmöglich ist, einen Körper so hoch hinauf zu bringen; indessen giebt es schon einen in dieser Höhe, dieß ist der Mond selbst. Bey diesem müßte sich also jene Wirkung der Schwere zeigen, und doch sehen wir nicht, daß er auf die Erde fällt. Hierauf antworte ich, daß, wenn der Mond in Ruhe wäre, er unstreitig fallen würde, und daß nur die schnelle Bewegung, die ihn forttreibt, seinen Fall verhindert. Diese Behauptung läßt sich durch Versuche hinlänglich rechtfertigen. Ein Stein, den man blos aus der Hand fallen läßt, ohne ihn zu werfen, fällt sogleich nach einer gera-

den vertikalen Linie zur Erde, aber wenn man ihn nach der Seite wirft, so fällt er nicht den Augenblick hinunter, sondern bewegt sich erst in einer krummen Linie, ehe er den Boden erreicht; und dieß dauert um so länger, je stärker man ihn geworfen hat. Eine Kanonenkugel, die in einer horizontalen Richtung abgeschossen wird, kommt erst in einer großen Entfernung auf die Erde; und wenn man sie von einem sehr hohen Berge abfeurte, so würde sie vielleicht einige Meilen fortfliegen; ehe sie zu Boden fiele. Bringt man die Kanone noch höher, und verstärkt die Ladung, so wird die Kugel noch weiter fliegen. Dieß könnte man so weit fortsetzen, daß die Kugel erst bey unsern Antipoden niederfiele, und wenn man noch weiter ginge, so könnte es geschehen, daß sie gar nicht niederfiele, sondern bis zu dem Ort, von wo sie abgeschossen wurde, zurückkehrte, und so eine Reise um die Welt machte; alsdenn wäre sie ein kleiner Mond, der, wie der wahre, seinen Umlauf um die Erde machte. Wenn nun Ew. H. die Höhe des Mondes und seine ungeheure Geschwindigkeit erwägen, so wird es Sie nicht mehr befremden, daß er nicht auf die Erde fällt, ohnerachtet er durch die Schwere gegen den Mittelpunkt derselben getrieben wird. Eine andere Betrachtung wird dieß noch deutlicher machen. Wir dürfen nur den Weg bemerken, den ein von der Seite geworfener Stein

oder eine Kanonenkugel beschreiben; es ist allezeit eine krumme Linie, wie sie in der 4. Fig. der I. Taf. vorgestellt ist.

A ist die Spitze eines Berges, von wo die Kanonenkugel abgeschossen wurde. Diese fliegt in der krummen Linie AEFB fort, und kommt in B auf die Erde. Wäre die Kugel nicht schwer, das heißt, würde sie nicht gegen die Erde getrieben, so würde sie nicht fallen, auch wenn man sie ganz frey los ließe, weil die Schwere die einzige Ursache ihres Falls ist. Noch viel weniger würde sie also je auf die Erde fallen, wenn man sie in A, so wie es die Figur vorstellt, abschösse. Folglich ist es die Schwere, welche macht, daß sie auf die Erde fällt, nachdem sie die krumme Linie AEFB beschrieben hat. Wir sehen daraus, daß die Schwere die Ursache von der Krümmung des Weges ist, den die Kugel durchläuft; und wenn es keine Schwere gäbe, so würde die Kugel auch keine krumme Linie beschreiben, sondern sie würde nach der Richtung der geraden Linie AC, nach welcher sie abgeschossen wurde, fortgehen.

Nach diesen Betrachtungen lassen Sie uns wieder zum Monde zurückkehren. Da sich dieser fast beständig in derselben Entfernung von uns hält, so muß sein Weg krumm und einem Kreise ähnlich seyn, den man mit einem Halbmesser, der Entfernung des Mondes gleich, um die Erde beschriebe. Nun kann

man

man wohl fragen, warum der Mond sich nicht in gerader Linie bewegt? aber die Antwort wird nicht schwer seyn; denn da die Schwere die Ursache ist, daß ein Stein oder eine Kanonenkugel eine krumme Linie beschreiben, so ist es sehr vernünftig anzunehmen, daß die Schwere auch auf den Mond wirke, und dadurch, daß sie ihn gegen die Erde treibt, die Krümmung seines Laufs hervorbringe. Der Mond hat also eine gewisse Schwere, womit er gegen die Erde getrieben wird; aber diese Schwere ist 3600 mal kleiner, als wenn er sich dicht an der Erde befände. Dieß ist nicht blos eine wahrscheinliche Muthmaßung, sondern man kann es als eine erwiesene Wahrheit ansehen; denn wir sind im Stande, die Bewegung, die der Mond unter dieser Voraussetzung haben muß, nach mathematischen unumstößlichen Grundsätzen zu bestimmen, und diese kommt genau mit der überein, die er wirklich hat, welches der sicherste Beweis von der Richtigkeit der Voraussetzung ist. Den 1. Sept. 1760.

Hundert und fünfter Brief.

Die Schwere wirkt also nicht nur auf alle Körper unserer Erde, sondern erstreckt ihren Einfluß selbst bis zum Monde. Sie ists, die den Mond bey der Erde hält, und seine Bewegung lenkt, eben so wie sie den Flug einer Kanonenkugel oder eines Steins richtet. Newton ist der Mann, dem wir diese wichtige Entdeckung verdanken. Dieser eben so große Philosoph als Mathematiker befand sich eines Tages in einem Garten, wo ein Apfel, den er vom Baum herabfallen sah, ihn zu Betrachtungen veranlaßte, wodurch er endlich auf jenen großen Gedanken geführt wurde. Er sahe wohl, daß die Schwere die Ursache von dem Fall des Apfels war, nachdem der Wind oder irgend eine andere Ursache ihn von seinem Aste abgerissen hatte. Diese Bemerkung hätte ein jeder anderer auch machen können; aber der englische Philosoph ging weiter. Er dachte bey sich selbst, ob die Kraft der Schwere auch wohl auf den Apfel gewirkt hätte, wenn der Baum viel höher gewesen wäre; und er konnte hieran nicht zweifeln.

„Wie aber, wenn der Baum so hoch gewesen wäre, daß er bis an den Mond gereicht hätte?“ Hier befand er sich in Verlegenheit, und er getraute sich nicht zu entscheiden, ob der Apfel gefallen seyn würde oder nicht. Wenn er fiele — welches ihm

sehr wahrscheinlich schien, weil man in der Höhe des Baums keine bestimmte Grenze annehmen könnte, wo der Apfel aufhören sollte zu fallen — so müßte er noch einige Schwere haben, wodurch er gegen die Erde getrieben würde; folglich müßte auch der Mond, da er sich in dieser Höhe befindet, durch eine ähnliche Kraft, wie der Apfel, gegen die Erde getrieben werden. Da nun gleichwohl der Mond nicht fällt, so schloß er, daß seine Bewegung die Ursache daran seyn möchte; so wie eine Bombe über uns hinfliegen kann, ohne gerade herunter zu fallen. Diese Vergleichung der Bewegung des Monds mit der Bewegung einer Bombe führte ihn auf eine genauere Untersuchung der ganzen Sache, und durch Hülfe der höchsten Geometrie fand er, daß der Mond in seinem Lauf denselben Regeln folgte, die man bey der Bewegung einer Bombe bemerkt, und daß, wenn es möglich wäre die Bombe bis zur Höhe des Mondes zu werfen, und ihr eine eben so große Geschwindigkeit, als Er hat, zu geben, sie alsdenn auch dieselbe Bewegung haben würde. Nur würde ihre Schwere in dieser Entfernung von der Erde viel geringer seyn, als hier unten auf der Erde selbst.

Ew. H. werden aus dieser Erzählung sehen, daß der Anfang von der Untersuchung unsers Philophen sehr leicht war, und kaum über die Fassungs-

kraft eines Bauren ging, aber weiterhin überstieg sie diese unendlich.

Es ist also eine sehr merkwürdige Eigenschaft der Erde, daß nicht nur alle Körper, die sich in ihrer Nähe befinden, sondern auch diejenigen, welche sehr weit, selbst so weit wie der Mond, von ihr entfernt sind, eine Neigung haben, gegen ihren Mittelpunkt zu fallen, und zwar vermöge einer Kraft, welche wir die Schwere nennen, deren Wirkung desto schwächer wird, je weiter sich die Körper von der Oberfläche der Erde entfernen. Newton blieb hier nicht stehen; da er wußte, daß die Planeten der Erde vollkommen ähnlich wären, so schloß er daraus, daß die auf denselben befindlichen Körper auch schwer seyn, und die Direktionslinie dieser Schwere auf einem jeden Planeten gegen seinen Mittelpunkt gehen müßte. Die Stärke der Schwerkraft könnte dort vielleicht größer oder geringer als auf der Erde seyn; das heißt, ein Körper von einem gewissen Gewicht bey uns, könnte in einem von den Planeten mehr oder weniger wiegen. Endlich erstreckt sich auch diese Kraft eines jeden Planeten auf sehr weite Entfernungen um ihn herum; und da wir sehen, daß Jupiter vier und Saturn sieben Trabanten hat, die sich um diese Planeten, wie der Mond um die Erde, bewegen, so ist kein Zweifel, daß sie in ihrem Lauf gleichfalls durch ihre Schwere, oder durch ihre

Neigung gegen den Mittelpunkt ihres Planeten, geleitet werden. Und eben so wie sich der Mond um die Erde und die Trabanten um den Jupiter oder Saturn bewegen, so bewegen sich hinwiederum die Planeten selbst um die Sonne. Hieraus zog Newton die wichtige Folgerung, daß die Sonne eine ähnliche Schwerkraft besitze, vermöge welcher alle Körper, die sich innerhalb der Grenzen des Sonnensystems befinden, gegen ihren Mittelpunkt getrieben werden. Der Wirkungskreis dieser Kraft erstreckt sich sehr weit um die Sonne herum, noch weit über die Bahnen der Planeten hinaus, deren Lauf eben durch sie bestimmt wird. Eben dieser Philosoph hat auch gefunden, wie man die Bewegung der Körper bestimmen kann, wenn man ihre Geschwindigkeit kennt, und die Kraft weiß, mit welcher sie gegen einen Mittelpunkt gezogen werden: und da er nun die Kräfte entdeckt hatte, womit die Planeten gegen den Mittelpunkt der Sonne getrieben werden, so war er auch im Stande, ihren Lauf genau zu bestimmen. In der That befand man sich vor ihm in einer grossen Unwissenheit in Ansehung der Bewegung der himmlischen Körper; und keinem andern als ihm verdanken wir die Aufklärung, die wir jetzt hierüber in der Astronomie haben.

Es ist gewiß zu verwundern, wenn man bedenkt, wie die Wissenschaften durch einen geringfü-

gigen Umstand so erstaunenswürdige Vortheile erlangt haben. Wenn Newton nicht in dem Garten spatzieren gegangen, und der Apfel nicht zufälliger Weise herabgefallen wäre, so würden wir uns vielleicht noch in derselben Unwissenheit in Ansehung der Bewegung der himmlischen Körper und unzählicher anderer Erscheinungen befinden. *) Diese Materie verdient gewiß, daß ich Ew. H. noch länger davon unterhalte. Den 3. Sept. 1760.

*) Newton wurde einmal gefragt: wie er doch auf sein System von der Bewegung der Weltkörper gekommen wäre? und die Antwort war: dadurch, daß ich beständig darüber nachdachte. Diese Erzählung hat mehr Wahrscheinlichkeit, als die von dem Apfel.

A. v. C.

Hundert und sechster Brief.

Ew. H. werden sich leicht vorstellen, daß Newton's System gleich von Anfang großes Aufsehen erregte, und das mit Recht; da es eine so glückliche Entdeckung war, die auf einmal so viel Licht über alle Wissenschaften verbreitete. Dieses System ist unter verschiedenen Namen bekannt, die man wissen muß, weil sie öfters vorkommen. Man nennt es das System der allgemeinen Schwerkraft, weil Newton behauptet, daß nicht nur die Erde, sondern alle himmlischen Körper die Eigenschaft haben, diejenigen Körper, die sie umgeben, mit einer der Schwere ähnlichen Kraft anzuziehen. Allein diese Kraft ist ganz unsichtbar, und wir sehen nichts, was auf die Körper wirkte, und sie gegen die Erde triebe; noch weniger bey den himmlischen Körpern. Der Magnet, der das Eisen anzieht, ohne daß wir die Ursache davon gewahr werden, zeigt uns eine ähnliche Erscheinung. Ob man aber gleich jetzt allgemein dafür hält, daß dieß vermittelst einer sehr feinen Materie, die sich in und um den Magnet befindet, geschieht, so kann man dennoch sagen, daß der Magnet das Eisen ziehe, und daß dieses von jenem angezogen werde, wenn man nur nicht diesen Ausdruck falsch versteht, und die Sache selbst dadurch erklärt zu haben meint.

Eben so gut kann man also auch sagen, daß die Erde die Körper anziehe, und die Schwere der Körper eine Wirkung von der anziehenden Kraft der Erde sey, die sich sogar bis zum Monde erstreckt. Ferner muß man auch der Sonne und allen Planeten eine ähnliche anziehende Kraft zuschreiben, wodurch die Körper von ihnen angezogen werden. Nach dieser Art zu reden, sagt man, daß die Sonne die Planeten, die Erde den Mond, und die Planeten ihre Trabanten an sich ziehen; und daher wird das Newtonische System auch das System der Anziehung oder der Attraction genannt.

Da nach diesem System die Sonne, die Erde und die übrigen Planeten eine anziehende Kraft besitzen, so zweifelte man nicht, daß auch der Mond eine ähnliche Kraft hätte, und daß man also auch von ihm sagen könnte, daß er die Körper anziehe. Es war ferner sehr natürlich zu vermuthen, daß sich diese Anziehung des Mondes bis zur Erde erstrecke, wenn gleich nur sehr schwach, so wie wir es vorhin von der anziehenden Kraft der Erde auf dem Monde gesehen haben. Dieß ist nun aber durch eben diesen Philosophen außer allen Zweifel gesetzt worden, da er bewiesen hat, daß die Ebbe und Fluth, wovon ich in der Folge sprechen werde, durch die Wirkung der anziehenden Kraft des Mondes auf das Meer verursacht wird. Man darf daher auch nicht mehr

zweifeln, daß Jupiter, Saturn und Uranus hinwiederum von ihren Trabanten angezogen werden, und daß selbst die Sonne nicht von der Wirkung der anziehenden Kräfte der Planeten frey sey. So lehrt uns also das System der allgemeinen Attraction, daß die Anziehung unter den himmlischen Körpern gegenseitig geschieht, daß die Sonne nicht nur die Planeten zieht, sondern dagegen wieder von diesen angezogen wird; und daß selbst die Planeten ihre anziehende Kraft gegen einander äußern. Die Erde wird nicht nur von der Sonne, sondern auch von allen andern Planeten angezogen, wenn gleich die Anziehung von diesen im Vergleich mit der Anziehung der Sonne fast unmerklich ist. Ew. H. werden leicht einsehen, daß ein Planet, der nicht blos von der Sonne, sondern auch noch von den übrigen Planeten, wenn gleich nur wenig, angezogen wird, nicht ganz dieselbe Bewegung haben kann, die er haben müßte, wenn er von der Sonne allein angezogen würde, und daß durch diese Einwürkung der Planeten nothwendig kleine Störungen in seinem Lauf verursacht werden müssen. Diese Störungen finden sich auch durch die Erfahrung vollkommen bestätigt; und dieß hat eben das System der allgemeinen Attraction zu einem so hohen Grad von Gewißheit gebracht, daß Niemand mehr an seiner Wahrheit zweifeln darf.

Auch die Kometen sind den Gesetzen der Anziehung unterworfen; am stärksten werden sie von der Sonne angezogen, durch deren Einwirkung sie in ihren Bahnen geleitet werden, aber sie erfahren auch den Einfluß der Planeten, besonders wenn sie sich ihnen nähern. Denn es ist eine allgemeine Regel, wie wir in der Folge sehen werden, daß die Anziehung aller himmlischen Körper mit der Entfernung abnimmt, und bey der Annäherung wächst. Die Kometen haben aber auch die Eigenschaft hinwiederum andere Körper anzuziehen, und das um so mehr, je näher sie ihnen kommen. Wenn daher ein Komet nahe genug bey einem Planeten vorbeyginge, so könnte er die Bewegung desselben durch seine anziehende Kraft stören, und die seinige würde dagegen durch die anziehende Kraft des Planeten gestört werden. Dieß sind Behauptungen, welche durch Beobachtungen außer Zweifel gesetzt sind. So haben wir ein Beyspiel hiervon an dem Kometen vom Jahr 1682 gesehen, dessen Bewegung durch die Einwirkung des Jupiters und Saturns, in deren Nähe er vorbey gegangen war, so beträchtliche Störungen erlitten hatte, daß er, anstatt 1757 wiederzukommen, beynahe zwey Jahre später erschien. *)

*) Clairaut berechnete diese Störungen aus der Theorie, und sagte die Wiederkunft dieses Kometen mit einer Genauigkeit vorher, die zum überzeugenden Be-

Da die Fixsterne ähnliche Körper wie die Sonne sind, so besitzen sie unstreitig ebenfalls eine anziehende Kraft; wir sind aber zu weit von ihnen entfernt, um einige Wirkung davon zu verspüren. Den 5. Sept. 1760.

weis von der Richtigkeit des Newtonischen Systems dienen konnte. Indessen betrug der Irrthum doch ungefähr zwey Monate; aber Hr. de la Place hat gezeigt, daß er viel geringer gewesen seyn würde, wenn man die anziehenden Kräfte des Jupiters und Saturns damals so genau gekannt hätte, als jetzt. A. v. C.

So beträchtliche Störungen dieser Komet durch die Anziehung des Jupiters und Saturns erlitten hatte, so wenig hat man bemerkt, daß diese Planeten in ihrer Bewegung durch ihn gestört worden wären; welches ein Beweis ist, daß seine Masse sehr gering, und ohne Vergleich kleiner als die Masse der Planeten seyn muß. Dasselbe gilt auch von den übrigen bis jetzt beobachteten Planeten. Ja einigen der neuesten Beobachtungen von Herschel zufolge wird die Muthmaßung des Hrn. Hofr. Lichtenberg in Göttingen nicht unwahrscheinlich, „daß entweder alle Kometen nur bloße Nebel (d. i nebelartiger Natur) sind, die uns gegen die Mitte dichter erscheinen müssen, oder doch am Ende zu solchen Nebeln werden.“ A. d. U.

Hundert und siebenter Brief.

Es ist also eine auf die sichersten Schlüsse sich gründende Thatsache, daß unter allen himmlischen Körpern eine allgemeine Schwere herrscht, durch die sie gegen einander getrieben werden, und daß die Wirkung derselben desto größer wird, je mehr die Entfernung der Körper abnimmt. Diese Sache ist an sich keinem Zweifel unterworfen, aber man streitet noch darüber, ob man sie als ein Stoßen (eine Impulsion) oder als ein Anziehen (eine Attraction) ansehen soll. Freylich ist der Name etwas sehr gleichgültiges, wenn die Wirkung dieselbe bleibt. — Auch bekümmert sich der Astronom, der allein auf die Wirkung dieser Kraft aufmerksam ist, wenig darum, ob die himmlischen Körper gegen einander gestoßen werden, oder ob sie sich wechselseitig anziehen; und eben so wenig kommt es dem, der blos die Erscheinungen auf unserer Erde untersucht, darauf an, ob die Erde die Körper anzieht, oder ob diese durch irgend eine unsichtbare Kraft gegen sie gestoßen werden. — Aber wenn man in die Geheimnisse der Natur dringen will, so ist es sehr wichtig zu wissen, ob die Körper durch ein Stoßen oder durch ein Anziehen gegen einander wirken; ob irgend eine feine und unsichtbare Materie sie gegen einander treibt, oder ob sie eine innere anziehende

Kraft haben. Die Naturforscher sind hierüber getheilt. Newton und mit ihm die englischen Physiker erklären sich für die Anziehung; andere, unter welchen ich nur den französischen Philosophen Descartes, und den berühmten holländischen Naturforscher Huygens nennen will, sind mehr für den Stoß. Nur muß man sich nicht vorstellen, als wenn Newton's Meinung gewesen wäre, daß es zwischen den Körpern wirklich so etwas wie ein Seil gäbe, woran sie einander zögen. Eigentlich war ihm Anziehung, Attraction nichts als ein Ausdruck, womit er eine in die Augen fallende allgemeine Eigenschaft der Körper bezeichnen, aber nicht erklären wollte. Er entlehnte diesen Ausdruck offenbar vom Magneten, dessen Wirkung auf das Eisen der wechselseitigen Wirkung aller Körper gegen einander ähnlich ist; aber er war zu sehr Philosoph, um eine Benennung für eine Erklärung auszugeben, oder bloße Hypothesen über eine Sache aufzustellen, deren Erkenntniß vielleicht ganz außerhalb dem Felde der menschlichen Erfahrung liegt. *) Es ist in der Physik sehr erlaubt, da, wo uns die Natur einer Sache noch verborgen ist, eine gewisse Bilder-

*) Man vergleiche den 40. Brief im ersten Bande. Sehr lesenswerth ist das, was Lichtenberg in der Note zu dem 113. §. des Erxleb. Compendiums der Naturlehre über diesen Gegenstand bemerkt hat. A. d. U.

sprache, wenn ich so sagen darf, einzuführen, wodurch uns die Erscheinungen selbst begreiflicher werden. Und so können wir uns auch die allgemeine Schwere der Körper unter dem Bilde einer Anziehung, und die Ursache derselben als eine anziehende Kraft vorstellen, um unserer Phantasie und unserer Sprache zu Hülfe zu kommen. Einige von Newtons Anhängern gingen freylich darin zu weit, daß sie diese anziehende Kraft für eine Eigenschaft der Materie selbst ausgaben, die ihr eben so wesentlich zukäme, als die Ausdehnung. Doch dem sey wie ihm wolle, so ist so viel gewiß, daß, je mehr Materie ein Körper enthält, desto größer seine anziehende Kraft ist. Nun übertrifft die Sonne alle Planeten an Größe sehr weit, ihre anziehende Kraft muß folglich viel stärker seyn, als die der Planeten. Man hat auch bemerkt, daß Jupiter viel größer als die Erde ist, und daß er eben deswegen eine weit stärkere Wirkung gegen seine Trabanten äußert, als die Erde gegen den Mond. Nach diesem System ist die Schwere der Körper auf unserer Erde nichts anders, als die vereinte Wirkung von der anziehenden Kraft aller Theilchen der Erdkugel; und wenn diese mehr Masse enthielte, so würde auch ihre Anziehung stärker und mithin die Schwere der Körper größer werden. Im Gegentheil, wenn ihre Masse sich auf irgend eine Art vermindern sollte, so würde dadurch

ihre anziehende Kraft, so wie die Schwere der Körper, verringert werden.

Man hat den Vertheidigern dieser Hypothese den Einwurf gemacht, daß nach ihrer Meinung die ersten die besten zwey Körper, die man z. B. auf einen Tisch legte, einander anziehen und folglich sich gegenseitig nähern müßten. Aber man hat hierbey nicht bedacht, erstens, daß die wechselseitige Anziehung dieser Körper viel zu gering ist, als daß eine merkliche Wirkung daraus entspringen könnte. Denn wenn die Masse der ganzen Erde durch ihre anziehende Kraft keine größere Wirkung in einem Körper hervorbringt, als wir durch das Gewicht desselben wahrnehmen, so wird auch eine mehrere Millionen mal kleinere Masse als die Erde eine eben so viel mal kleinere Wirkung haben. Aber, wenn das Gewicht eines Körpers mehrere Millionen mal kleiner wird, so wird man leicht zugestehen, daß es alsdenn so viel als nichts beträgt: also kann auch die Anziehung nur bey einem sehr großen Körper eine merkliche Wirkung hervorbringen. Zweytens muß man ja erwägen, daß die beyden gedachten Körper von der Erde angezogen werden, und daß diese Anziehung ohne Vergleich größer ist als die, welche sie selbst gegen einander äußern, mithin ist es unmöglich, daß sie dem schwächern Zuge folgen, und sich selbst einander nähern könnten, da sie zu gleicher Zeit ein

unendlich stärkeres Bestreben haben sich der Erde zu nähern. Mit diesem Einwurf richtet man also gegen die Vertheidiger der Anziehung nichts aus; vielmehr können sie zur Unterstützung ihrer Meinung eine Beobachtung anführen, die von einigen Mitgliedern der Pariser Gesellschaft der Wissenschaften in Peru gemacht worden ist, wo man allerdings die Wirkung einer kleinen Anziehung, die von einem Berge verursacht wurde, wahrgenommen hat. *) Man hat also nicht zu besorgen, daß man durch das System der Anziehung zu falschen Schlüssen verleitet würde; und bis jetzt ist noch keine Entdeckung gemacht worden, die ihm entgegen wäre. Den 7. Sept. 1760.

*) Die Akademisten, die im Jahr 1735 nach Peru geschickt wurden, um einen Grad des Mittagskreises zu messen, fanden, daß die Bleyschnur wegen der Anziehung des Berges Pichincha 8 Sekunden von der Vertikallinie abwich. Neuerlich hat Hr. Maskelyne, ein englischer Astronom, sehr merkwürdige Beobachtungen über die Anziehung der Berge, in Schottland, angestellt. A. v. C.

Hun-

Hundert und achter Brief.

Ew. H. kennen die merkwürdige Eigenschaft des Magneten, das Eisen anzuziehen. Kleine Stückchen Eisen oder Stahl, z. B. Nehnadeln, werden, wenn man sie in die Nähe eines Magneten bringt, mit desto grösserer Kraft gegen ihn getrieben, je näher sie ihm liegen. Da man nichts gewahr wird, was sie auf ihn zustößt, so sagt man, sie werden von dem Magnet angezogen; und die Erscheinung selbst heißt die Anziehung. Indessen sind viele Physiker der Meinung, daß hier eine feine unsichtbare Materie vorhanden sey, welche diese Wirkung hervorbringt, indem sie das Eisen wirklich gegen den Magneten stößt; aber da der Sprachgebrauch sich nach dem Scheine richtet, so hat man den Ausdruck Anziehung und anziehen beybehalten. Ob wir nun gleich diese Erscheinung blos bey dem Magneten und dem Eisen bemerken, so ist sie doch sehr geschickt uns den wahren Sinn dieser Worte begreiflich zu machen, wenn man dadurch jene allgemeine Eigenschaft der Körper, wovon ich bisher gesprochen habe, bezeichnet. Es ist auch schon in dem vorhergehenden Briefe erinnert, daß Newton diese Ausdrücke von dem Magneten entlehnte, und wenn er also sagte, daß alle Körper einander gegenseitig anziehen, so sollte das nichts anders heißen, als daß

alle Körper eine Eigenschaft haben, die der gedachten Eigenschaft des Magneten ähnlich ist, mit dem Unterschied, daß die Wirkung bey ihnen nur dann erst merklich wird, wenn ihre Massen sehr groß sind. So äußert z. B. ein noch so großer Stein keine merkliche Anziehung gegen andere Körper, die man ihm nähert, weil seine anziehende Kraft zu schwach ist; allein wenn der Stein zum hohen Berge anwächst, so wird seine Wirkung schon merklich. Ich habe schon erwähnt, daß man wirklich eine schwache Anziehung von einem hohen Berge in Peru bemerkt haben will. Ein größerer Berg würde also eine noch sichtbarere Wirkung haben, und ein Körper, so groß wie die Erde, würde die andern Körper gerade mit eben der Stärke anziehen, womit sie von der Erde angezogen werden, und die wir durch ihre Schwere bemerken. Und so sehen Ew. H. auch aus dieser Betrachtung, was ich schon einmal gesagt habe, nehmlich, daß die Schwere nichts anders als die vereinigte Wirkung von der Anziehung der ganzen Erdmasse ist. Wäre diese Masse größer oder kleiner, so würde auch die Schwere der Körper größer oder kleiner seyn. Hieraus kann man den sichern Schluß machen, daß alle übrigen Weltkörper, wie die Sonne, die Planeten, der Mond, eine ähnliche anziehende Kraft besitzen, die nach Verhältniß ihrer Masse größer oder kleiner ist. Da nun die Sonne viele

tausendmal größer ist als die Erde, so übertrifft auch ihre anziehende Kraft die Kraft der Erde so vielmal. Den Mond hingegen rechnet man ungefähr funfzigmal kleiner als die Erde, folglich ist auch seine anziehende Kraft so viel mal kleiner; und eben so ists mit allen übrigen himmlischen Körpern beschaffen. Den 9. Sept. 1760.

Hundert und neunter Brief.

Zufolge des Systems der allgemeinen Anziehung zieht ein jeder himmlischer Körper alle übrigen an, und wird von diesen hinwiederum angezogen. Aber aus dem, was ich bisher gesagt habe, wissen Ew. H. schon, daß diese Anziehung nicht durchgehends gleich ist, sondern daß einige Himmelskörper eine größere, andere eine geringere anziehende Kraft haben, und folglich auch eine verschiedene Wirkung hervorbringen. Es wird also die Frage seyn, woraus wir die Größe der Anziehung oder die Stärke, mit der ein Körper gegen den andern getrieben wird, beurtheilen können? Um diese Frage zu beantworten, dürfen wir nur zwey Körper A und B (I. Taf. 5. Fig.) betrachten, von welchen jener der anziehende, dieser der angezogene seyn mag; und die gerade Linie AB, die von dem Mittelpunkt des einen bis zu

dem Mittelpunkt des andern geht, bezeichne ihre Entfernung.

Zuerst lehrt uns nun die Erfahrung, daß, je mehr Masse ein Körper hat, er den andern desto stärker anzieht. Je größer also der Körper A ist, oder je mehr Masse er hat — denn beyde Redensarten sind hier gleichbedeutend — desto stärker wird er den Körper B anziehen. Ew. H. werden sich erinnern, daß die Geschwindigkeit des Falles ein Maaß für die Größe der Anziehung oder für die Stärke der anziehenden Kraft abgiebt. Wenn daher die anziehende Kraft des Körpers A wächst, so wird auch die Geschwindigkeit, mit der B gegen ihn fällt, zunehmen. Da nun die anziehende Kraft eines Körpers sich in eben der Maaße verstärkt, als seine Masse vermehrt wird, so muß die Geschwindigkeit des fallenden Körpers desto größer werden, je größer die Masse des anziehenden Körpers wird. Nehmen wir also an, daß der Körper A den andern B, in der Entfernung AB, mit einer solchen Stärke zieht, daß dieser in einer Sekunde durch einen Raum von 15 Fuß fällt, so wird die Geschwindigkeit des fallenden Körpers B noch einmal so groß werden, wenn die Masse des anziehenden A noch einmal so groß wird, und die Entfernung dieselbe bleibt; das heißt, B wird alsdenn in einer Sekunde durch einen Raum von 30 Fuß fallen. Wird die Masse von A

dreymal größer, so fällt auch B dreymal geschwinder, oder in einer Sekunde durch einen Raum von 45 Fuß u. s. w. Hieraus entspringt die allgemeine Regel, daß bey gleichen Entfernungen sich die anziehenden Kräfte wie die Massen der anziehenden Körper verhalten, oder bey gleichen Entfernungen die anziehenden Kräfte den Massen der anziehenden Körper proportionirt sind. Dabey ist die Größe des angezogenen Körpers gleichgültig, wie schon aus dem, was ich in dem 103ten Brief angemerkt habe, erhellet. Denn nach Verschiedenheit der Größe des angezogenen Körpers ist zwar das Gewicht desselben, aber nicht die Kraft des anziehenden Körpers verschieden. Der Körper B (in der vorigen Figur) wird also mit gleicher Geschwindigkeit gegen A fallen, er mag groß oder klein seyn.

Wenden wir dieß auf die Anziehung der himmlischen Körper an, so folgt, daß ihre anziehende Kraft desto größer ist, je mehr ihre Masse beträgt. Die Sonne, die alle Planeten an Größe so weit übertrifft, hat auch eine viel stärkere anziehende Kraft. Eben so ist der Jupiter über tausendmal größer, als die Erde; und folglich ist auch seine anziehende Kraft so vielmal stärker. Der Mars hingegen, der kleiner ist als die Erde, bewirkt auch eine schwächere Anziehung als sie, u. s. f.

Die Größe der Anziehung hängt also erstens von der Masse des anziehenden Körpers ab; zweytens aber kommt es dabey auf die Entfernung der Körper AB an. Hier ist zu merken, daß, wenn die Entfernung wächst, die Anziehung schwächer wird, und wenn die Entfernung abnimmt, die Anziehung sich verstärkt, vorausgesetzt, daß die Masse des anziehenden Körpers dieselbe bleibt. Die Regel, nach welchen diese Zu- oder Abnahme der Anziehung geschieht, wird sich am besten durch Beyspiele begreiflich machen lassen. Wenn nehmlich die Entfernung AB noch einmal so groß wird, so wird die Kraft, mit welcher A den Körper B anzieht, 2 mal 2 oder viermal schwächer; ist die Entfernung dreymal größer, so wird die anziehende Kraft 3 mal 3 oder neunmal schwächer; ist sie viermal größer, so wird diese 4 mal 4 oder sechzehnmal schwächer, u. s. w. Wäre die Entfernung hundertmal größer, so würde die anziehende Kraft 100 mal hundert oder zehntausendmal schwächer seyn. Man sieht hieraus, daß bey sehr großen Entfernungen die anziehende Kraft ganz unmerklich werden muß; und im Gegentheil bey einer sehr geringen Entfernung beträchtlich werden kann, wenn gleich die Körper nur klein sind.

Den 11. Sept. 1760.

Hundert und zehnter Brief.

Ew. H. haben gesehen, daß, wenn ein Körper B von einem andern A angezogen wird, die Stärke der Anziehung der Masse des anziehenden Körpers A proportionirt ist, wenn die Entfernung immer dieselbe bleibt. Wird aber die Entfernung größer, ohne daß die Masse des anziehenden Körpers sich ändert, so nimmt die Stärke der Anziehung ab, und zwar wird sie in der doppelten Entfernung viermal, in der dreyfachen neunmal, in der vierfachen sechzehnmal kleiner, u. s. f. Man findet diese Abnahme, wenn man die Zahl, welche anzeigt, wie vielmal die Entfernung vergrößert worden ist, mit sich selbst multiplizirt. Um diese Regel noch besser zu verstehen, muß man merken, daß, wenn man eine Zahl mit sich selbst multiplizirt, das daraus entstehende Produkt das Quadrat dieser Zahl genannt wird. Die unterste Reihe der folgenden Tafel enthält die Quadrate der Zahlen von Eins bis zehn, und in den beyden obern Reihen befinden sich die Zahlen, durch deren Multiplikation die Quadrate entstehen:

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
mal										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Quadrate	1	4	9	16	25	36	49	64	81	100

Das Quadrat von 10 ist also 10 mal 10, das ist, 100; von 9 ist es 9 mal 9, das ist 81 u. s. f. So kann man das Quadrat einer jeden andern Zahl finden, wenn man sie mit sich selbst multiplizirt. Wollte man z. B. das Quadrat von 258 wissen, so ist die Rechnung folgende:

258
258

2064
1290
516

66564

Hieraus ergiebt sich, daß das gesuchte Quadrat 66564 ist. Eben so verfährt man bey allen übrigen Zahlen.

Da man also die Entfernung der Körper mit sich selbst multipliziren muß, um die Abnahme der anziehenden Kraft zu bestimmen, so ist es klar, daß die Stärke der Anziehung desto geringer wird, je mehr das Quadrat der Entfernung zunimmt. Wenn die Mathematiker dieß ausdrücken wollen, so sagen sie: Die Stärke der Anziehung steht im umgekehrten Verhältniß mit dem Quadrat der Entfernung, oder, die Stärke der Anziehung verhalte sich umgekehrt wie das Quadrat der Entfernung. Es ist

gut, die Ausdrücke, gerade und umgekehrte Verhältniß, deren man sich auch im gemeinen Leben bisweilen bedient, gehörig zu verstehen. Wenn nehmlich die Stärke der Anziehung in eben dem Grade zunähme, als das Quadrat der Entfernung wächst, so würde man sagen, daß sie diesem proportionirt wäre oder in gerader Verhältniß mit ihm stände; da aber gerade das Gegentheil statt findet, und die Stärke der Anziehung in eben dem Grade abnimmt, als das Quadrat der Entfernung wächst, so sagt man, sie stehen in umgekehrter Verhältniß.

Wenn man also die Wirkungen der anziehenden Kräfte zweyer Körper A und a auf einen dritten P mit einander vergleichen will, so muß man zuerst auf die Verhältniß der Massen der beyden anziehenden Körper A und a und dann auf die umgekehrte Verhältniß der Quadrate ihrer Entfernung von dem Körper B Rücksicht nehmen. Hätte z. B. der Körper A noch einmal so viel Masse als der Körper a, und wäre er nur ein Drittheil so weit von B entfernt als dieser, so würde seine Wirkung auf B erstens, wegen seiner noch einmal so großen Masse, auch doppelt so groß seyn, als die Wirkung des andern Körpers a; da aber zweytens a dreymal weiter von B entfernt ist als A, und die Stärke der Anziehung sich umgekehrt verhält, wie die Quadrate der Ent-

fernungen, so muß man die doppelte Wirkung des Körpers A noch mit dem Quadrat von 3, das ist 9, multipliziren; nun ist 2 mal 9 gleich 18, und also hat der Körper A eine 18 mal größere Wirkung auf B, oder zieht ihn 18 mal stärker an als der Körper a.

Hieraus begreift man, warum die Wirkung der anziehenden Kraft der Fixsterne auf die Erde und die übrigen Planeten ganz unmerklich ist. Denn wäre ein Fixstern, der eben so viel Masse hätte, als die Sonne, nicht weiter als diese von der Erde entfernt, so würde die Erde mit gleicher Stärke gegen beyde Gestirne gezogen werden. Da aber die Entfernung des Fixsterns 400,000 mal größer ist als die Entfernung der Sonne, so ist die Wirkung seiner anziehenden Kraft so vielmal schwächer, so viel das Quadrat dieser Zahl beträgt, also 160,000 Millionenmal geringer als die Anziehung der Sonne, folglich viel zu schwach um eine merkliche Wirkung hervorzubringen. Aus diesem Grunde ändert die anziehende Kraft der Fixsterne in der Bewegung der Erde, des Monds und der Planeten nicht das geringste, sondern die Anziehung der Sonne, deren Masse viele tausendmal größer ist als die Masse eines Planeten, erhält sie allein in ihren Bahnen.

Unterdessen, wenn zwey Planeten einander so nahe kommen, daß ihre Entfernung von einander

kleiner wird als die Entfernung der Sonne, so kann die Wirkung ihrer anziehenden Kräfte stark genug werden, um eine merkliche Störung in ihrer Bewegung hervorzubringen. Und in der That nimmt man eine solche Störung bey ihnen wahr, zum sichern Beweis von der Richtigkeit des Systems der allgemeinen Schwere. Den 13. Sept. 1760.

Hundert und eilfter Brief.

Ew. H. werden nunmehr aus dem, was ich über die Stärke, womit die himmlischen Körper nach Verhältniß ihrer Masse und ihrer Entfernung einander anziehen, gesagt habe, leicht einsehen, wie es möglich ist, ihre Bewegung zu bestimmen, und den wahren Ort anzugeben, wo sich ein jedes Gestirn in einem gewissen Zeitpunkt befinden muß. Dieß ist ein Gegenstand der Astronomie, einer Wissenschaft, die sich mit der Beobachtung der Bewegung der Gestirne und der Bestimmung der Gesetze, nach welchen diese Bewegung geschieht, beschäftigt, und die gegenwärtig bis zu einem solchen Grade vervollkommnet ist, daß wir mit ziemlicher Genauigkeit zu bestimmen im Stande sind, an welchem Ort ein Stern zu irgend einer vergangenen oder zukünftigen Zeit gestanden habe oder stehen werde, und an welcher

Stelle des Himmels er erscheinen müsse, wenn man ihn von der Erde oder aus einer andern Gegend der Welt betrachtet. Diejenige Wissenschaft, welche von der Bewegung überhaupt handelt, heißt die Mechanik oder Dynamik. Dieser kommt es zu die Bewegung eines jeden Körpers zu bestimmen, er mag durch Kräfte getrieben werden, durch welche es sey. Sie macht einen vorzüglichen Theil der mathematischen Wissenschaften aus, und man hat auf ihre Vervollkommnung bisher sehr vielen Fleiß und Mühe verwandt. Aber die Untersuchungen, die sie erfordert, sind so tiefsinnig und so schwer, daß man sich noch lange nicht rühmen kann, so weit darin gekommen zu seyn, als man wünscht, und daß man sich begnügen muß einige wenige Fortschritte darin gemacht zu haben. Bey den himmlischen Körpern entsteht die größte Schwierigkeit aus der Menge von Kräften, welche auf sie wirken. Wenn ein jeder von ihnen nur gegen einen einzigen Punkt gezogen würde, so hätte die Sache keine Schwierigkeit. Schon der große Newton, der bereits im Jahr 1728 verstorben ist, hat die Theorie von der Bewegung zweyer Körper, die sich nach dem Gesetz, von welchem ich in den vorhergehenden Briefen gesprochen habe, anziehen, sehr glücklich und vollständig entwickelt. Würde also die Erde nur von der Sonne allein angezogen, so würde man ihre Be-

wegung ganz genau kennen, und es wäre uns nichts weiter deshalb zu untersuchen übrig. Eine gleiche Bewandniß hätte es mit den übrigen Planeten, dem Uranus, *) Saturn, Jupiter, Mars, Venus und Merkur, wenn sie blos von der Sonne angezogen würden. Da aber die Erde nicht von der Sonne allein, sondern auch von allen übrigen himmlischen Körpern angezogen wird, so wird die Untersuchung unendlich verwickelter und schwerer, weil man nun auf so verschiedene Kräfte Rücksicht zu nehmen hat. **)

*) So oft in der Folge die Planeten aufgeführt werden, werde ich dem Uranus seinen Platz einräumen, so gut als ob er zu der Zeit, da diese Briefe zuerst geschrieben wurden, schon bekannt gewesen wäre, ohne jedesmal durch eine besondere Anmerkung zu erinnern, daß er erst später entdeckt worden ist. A. d. U.

**) Gemeiniglich nimmt man ihrer drey und drey zusammen, das heißt, man sucht die Wirkung, welche die anziehenden Kräfte zweyer Körper bey einem dritten hervorbringen. Mit dieser berühmten Aufgabe, die unter dem Namen der Aufgabe von drey Körpern bekannt ist, haben sich die größten Mathematiker unsers Jahrhunderts beschäftigt; und ob man sie gleich noch nicht vollständig aufgelöst hat, so ist man doch ihrer Auflösung so nahe gekommen, daß man die glücklichsten Anwendungen, z. B. auf die Theorie des Mondes, des Jupiters, des Saturns u. s. w. davon hat machen können. A. v. C.

Doch haben Ew. H. schon gesehen, daß man die Fixsterne dabey aus der Acht lassen kann, weil diese wegen ihrer ungeheuren Entfernung eine so geringe Einwirkung haben, daß sie für nichts zu rechnen ist. Es ist daher in Ansehung der Bewegung der Erde und der übrigen Planeten so gut, als ob die Fixsterne gar nicht vorhanden wären. Man hat also außer der anziehenden Kraft der Sonne nur die Kräfte, womit die Planeten selbst einander anziehen, zu betrachten; und diese sind zwar in Vergleich mit jener überaus gering, weil die Masse der Sonne bey weitem größer ist, als die Masse der Planeten. Aber da die anziehenden Kräfte in eben dem Verhältniß wachsen wie die Quadrate der Entfernungen abnehmen — also eine gewisse Kraft eben so viel wirkt als eine viermal größere, wenn jene nur halb so weit entfernt ist, und eben so viel als eine neunmal größere, wenn ihre Entfernung dreymal kleiner ist u. s. f. so wäre es möglich, daß zwey Planeten einander so nahe kämen, daß ihre anziehende Kraft der Kraft der Sonne gleich würde, ja sie sogar noch überträfe. Glücklicher Weise ereignet sich dieser Fall in unserm Planetensystem nicht; die Planeten bleiben durchgehends so weit von einander entfernt, daß ihre anziehende Kraft immer ohne Vergleich kleiner ist, als die Kraft der Sonne. Man kann sie daher ganz aus dem Spiel lassen, und sich vor-

stellen, daß ein jeder Planet von der Sonne allein angezogen wird; alsdenn ist es nicht schwer seine Bewegung zu bestimmen. Aber dieß kann nur so lange statt finden, als man mit einer ziemlich richtigen Kenntniß zufrieden ist, und keine sehr genaue Bestimmung fordert; so bald man diese verlangt, muß man durchaus auch auf die kleinen Einwirkungen der Planeten selbst Rücksicht nehmen, die in der That stark genug sind, um merkliche Unregelmäßigkeiten in dem Lauf dieser Körper hervorzubringen. Daher sind die Bemühungen der Astronomen und Geometer so sehr darauf gerichtet, diese Einwirkungen mit Genauigkeit zu bestimmen. Den 15. Sept. 1760.

Hundert und zwölfter Brief.

Um dasjenige noch deutlicher zu machen, was ich von der Bewegung der himmlischen Körper und den anziehenden Kräften gesagt habe, wird es gut seyn Ew. H. eine Abbildung unsers Sonnen- oder Planetensystems vorzulegen. Vorher aber muß ich bemerken, daß die Fixsterne ähnliche Körper wie unsere Sonne sind, und von selbst leuchten, daß sie sich in einer überaus großen Entfernung von uns und von einander selbst befinden, und ungefähr einerley Größe mit der Sonne haben. Schon zu einer andern Zeit habe ich es erwähnt, daß der nächste Fixstern wenigstens 400,000 mal weiter von uns entfernt ist als die Sonne. Höchst wahrscheinlich bewegen sich um einen jeden Fixstern ähnliche dunkle Körper, wie unsere Erde, die von ihm ihr Licht empfangen, die ebenfalls bewohnt sind, und die wir nur ihrer außerordentlichen Entfernung wegen nicht sehen können. Zu diesem Schluß berechtigt uns die Aehnlichkeit der Fixsterne mit der Sonne, um welche sich, außer der Erde, noch sechs ähnliche Körper, die wir Planeten nennen, bewegen. Die Sonne selbst bleibt in Ruhe, so wie alle Fixsterne, und die Bewegung, die wir an ihnen wahrnehmen, ist nur scheinbar und rührt von der Bewegung unserer Erde her. In der 6. Figur

der

der I. Tafel habe ich eine Abbildung des Sonnensystems gegeben. Die Sonne selbst, die durch dieses Zeichen (☉) vorgestellt wird, befindet sich in der Mitte in Ruhe. Um diese herum sehen Ew. H. sieben konzentrische Kreise, welche die Bahnen der Planeten vorstellen. Zunächst um die Sonne bewegt sich Merkur (☿), der seinen Umlauf ungefähr in 88 Tagen vollendet. Nach diesem folgt die Venus (♀), die zu ihrem Umlauf etwa sieben Monate braucht. Der dritte Kreis bezeichnet die Bahn der Erde (♁), die ihren Weg um die Sonne in einem Jahr zurücklegt; denn unter einem Jahr verstehen wir eben die Zeit, welche die Erde zu ihrem Umlauf um die Sonne braucht. Allein während daß sich die Erde um die Sonne bewegt, bewegt sich wieder ein anderer Körper um die Erde, und folgt ihr in ihrem Lauf; dieß ist der Mond (☽), dessen Bahn daher durch einen besondern Kreis in der Figur ausgedrückt ist. Merkur und Venus, ingleichen Mars (♂), dessen Bahn durch den vierten Kreis vorgestellt wird, und der seinen Lauf ungefähr in zwey Jahren vollendet, haben keine Begleiter. Der fünfte Kreis gehört dem Jupiter (♃) zu, der zu seinem Umlauf beynahe zwölf Jahre braucht. Um diesen bewegen sich noch vier Körper, die man seine Trabanten zu nennen pflegt, deren Kreise in der Figur mit den Zahlen 1. 2. 3. 4. bezeichnet sind. Der sechste Kreis stellt die

Bahn des Saturns (♄) vor, der seinen Umlauf ungefähr in dreyßig Jahren vollendet. Er wird von sieben Trabanten begleitet, deren Kreise in der Figur ausgedrückt sind.*) Durch den siebenten und letzten Kreis endlich wird die Bahn des Uranus (♅) vorgestellt, dessen Umlaufszeit etwas über 83 Jahr beträgt. Man hat bisher erst zwey Trabanten bey ihm entdeckt, deren Kreise auch auf der Figur bemerkt sind, aber es ist sehr wahrscheinlich, daß er noch mehrere hat, welche nur bis jetzt, der großen Entfernung wegen, den Augen der Beobachter entgangen sind. Das Sonnensystem begreift also sieben Hauptplaneten, Merkur ☿, Venus ♀, die Erde ♁, Mars ♂, Jupiter ♃, Saturn ♄, Uranus ♅, und vierzehn Nebenplaneten oder Trabanten, nehmlich, den Mond, die 4 Trabanten des Jupiters, die 7 des Saturns und die 2 des Uranus.

*) Vor dem Jahr 1789 kannte man nur fünf Saturnus-Trabanten; am 28. August dieses Jahres aber entdeckte Herschel einen sechsten, und am 17. Sept. desselben Jahres einen siebenten Trabanten bey diesem Planeten. Beyde bewegen sich innerhalb der fünf bisher bekannten, und sind also, nach der gewöhnlichen Art zu zählen, eigentlich der erste und zweyte in der Reihe; da aber ihr großer Entdecker, um den bisherigen Sprachgebrauch der Tafeln nicht zu stören, fortfährt sie den sechsten und siebenten zu nennen, so sind auch ihre Kreise in der Figur mit diesen Zahlen bezeichnet. A. d. U.

Ueberdieß gehören zu diesem Sonnensystem noch eine große Menge von Körpern, nehmlich die Kometen, deren eigentliche Anzahl noch unbekannt ist. Die Figur zeigt uns einen, dessen Bahn von der Bahn der Planeten sehr verschieden ist; bald bringt sie ihn der Sonne sehr nahe, bald entfernt sie ihn wieder so weit von ihr, daß er unsern Augen gänzlich verschwindet. Unter den Kometen kennt man nunmehr einen, der seinen Lauf ungefähr in 75 Jahren vollendet; und dieß ist derselbe, den man im Jahr 1759 gesehen hat, und dessen Erscheinung von Halley vorherverkündigt worden war. Was die übrigen Kometen betrifft, so kann vielleicht mancher von ihnen Jahrhunderte zu seinem Umlauf brauchen: da man sie aber in den vorigen Jahrhunderten nicht genau genug beobachtet hat, so weiß man nichts von ihrer Rückkunft mit Gewißheit.

Aus diesen Körpern also besteht unser Sonnensystem, und es ist sehr wahrscheinlich, daß ein jeder Fixstern ein ähnliches habe. Den 17. Sept. 1760.

Hundert und dreyzehnter Brief.

Zu dem, was ich Ew. H. über das Sonnensystem gesagt habe, muß ich noch einige Anmerkungen über die Figur hinzusetzen. Zuerst brauche ich es wohl kaum zu erinnern, daß die Linien, welche die Bahnen der Planeten vorstellen, nicht wirklich am Himmel vorhanden sind, da der ganze Raum, in welchem sich die himmlischen Körper bewegen, leer oder höchstens mit der feinen Materie des Aethers, von der ich zu einer andern Zeit gesprochen habe, erfüllt ist. Ferner liegen nicht alle Planetenbahnen in einer und ebenderselben Ebene, wie es die Figur darstellt, sondern wenn wir annehmen, daß die Bahn der Erde richtig in der Ebene des Papiers verzeichnet ist, so müssen wir uns vorstellen, daß die Bahnen der sechs übrigen Planeten zum Theil unter, zum Theil über dem Papier hingehen, oder daß die Bahn eines jeden andern Planeten schief geht, und mit dem Papier einen Winkel macht, den man in einer ebenen Figur unmöglich darstellen kann.

Ueberdieß sind die Bahnen der Planeten nicht zirkelförmig, wie in der Figur, sondern etwas länglicht oder oval, die eine mehr, die andere weniger; doch ist keine beträchtlich von der Gestalt eines Kreises unterschieden. Die Bahn der Venus ist fast ein vollkommener Kreis, die Bahnen der übrigen Plane-

ten aber weichen etwas mehr davon ab. Die Bahnen der Kometen unterscheiden sich dadurch, daß sie sehr länglicht oder oval sind, wie ich es in der Figur angezeigt habe. Was den Mond und die übrigen Trabanten betrifft, so sind ihre Bahnen auch beynahe zirkelförmig. Man darf aber nicht glauben, daß sie immer an demselben Ort blieben, wie es auf dem Papier ist, sondern sie werden mit ihrem Hauptplaneten um die Sonne herumgeführt.

So hat man also die Linien in der Figur zu verstehen. Die Einbildungskraft muß das ersetzen, was auf dem Papier nicht vorgestellt werden konnte. Nunmehr werden Ew. H. es leicht einsehen, was Fontenelle mit seinem Buche von der Mehrheit der Welten sagen wollte. Bisweilen versteht man nehmlich unter Welt die ganze Erde mit ihren Bewohnern; und ein jeder Planet, selbst ein jeder Trabant, verdient diesen Namen mit eben so vielem Recht, weil es nicht zu zweifeln ist, daß sie eben so gut bewohnt sind, wie die Erde. Auf diese Art gäbe es also 21 Welten blos in unserm Sonnensystem, die Kometen nicht einmal mitgerechnet. Da nun ein jeder Fixstern eine Sonne ist, um welche sich eine gewisse Anzahl von Planeten bewegen, und einige von diesen unstreitig auch ihre Trabanten haben; so erhalten wir fast eine unzählige Menge solcher Welten, wie unsere Erde ist, indem die Anzahl der

Sterne, die wir mit bloßen Augen sehen, weit über einige tausend geht, und die Fernröhre uns eine noch ungleich größere Anzahl entdecken. Versteht man aber unter Welt die Sonne mit ihren Planeten und den zugehörigen Trabanten und Kometen, so wird man so viel Welten bekommen, als es Fixsterne giebt. Hingegen wenn man endlich unter Welt die Erde mit allen himmlischen Körpern, oder alle erschaffenen Dinge zusammen begreift, so kann es nur eine einzige Welt geben, zu welcher alles gehört, was da ist. In diesem Sinn also hat Fontenelle das Wort Welt nicht genommen, weil er sonst etwas ganz falsches und widersinniges behauptet haben würde. Den 19. Sept. 1760.

Hundert und vierzehnter Brief.

Um die Bewegung der Körper, die das Sonnensystem ausmachen, zu bestimmen, muß man die Hauptplaneten, den Merkur, die Venus, die Erde, den Mars, den Jupiter, den Saturn und den Uranus, von ihren Trabanten unterscheiden. Von diesen sieben Planeten habe ich es schon bemerkt, daß sie vornehmlich von der Sonne angezogen werden, oder daß die Kraft, mit der sie gegen die Sonne getrieben werden, ungleich größer ist, als die Kräfte, womit sie einander selbst anziehen. Denn die Masse der Sonne ist viel größer als die Masse der Planeten, und sie selbst kommen einander nie so nahe, daß ihre gegenseitige Anziehung sehr groß werden könnte.

Wenn die Planeten blos von der Sonne angezogen würden, so würde ihre Bewegung, wie ich schon gesagt habe, ziemlich regelmäßig und leicht zu bestimmen seyn. Aber die kleinen Kräfte, mit welchen die Planeten auf einander selbst wirken, verursachen in ihrer Bewegung kleine Unregelmäßigkeiten, welche die Astronomen zu entdecken suchen, indeß die Geometer sich bemühen, sie nach den allgemeinen Gesetzen der Bewegung zu bestimmen. Es kommt hierbey darauf an, zu finden, wie die Bewegung eines Körpers beschaffen seyn müsse,

wenn die Kräfte bekannt sind, die auf ihn wirken. Nun kennt man aber, nach den oben vorgetragenen Grundsätzen, die Kräfte, die auf einen jeden Planeten wirken. So wird z. B. die Bewegung der Erde etwas gestört, 1) durch die Anziehung der Venus, die uns bisweilen sehr nahe kommt, und 2) durch die Anziehung des Jupiters, die wegen seiner Größe beträchtlich wird, wenn er gleich sehr weit von der Erde entfernt ist. Der Mars ist, seiner Nähe ungeachtet, zu klein, *) und Saturn, der nach dem Jupiter der größte ist, zu weit, um eine merkliche Wirkung hervorzubringen. Hingegen verursacht der Mond, wenn er gleich funfzigmal kleiner ist, als die Erde, doch einige Störung, weil er uns so sehr nahe ist. Der Komet vom Jahr 1759 war uns in seiner kleinsten Entfernung siebenmal näher als die Sonne, und es ist daher wohl möglich, daß er die Bewegung der Erde gestört haben kann; wenn anders seine Masse nicht zu unbeträchtlich war, welches wir nicht wissen. Wäre sie so groß gewesen,

*) Man hat zwar bisher die Störungen, welche der Mars in der Bewegung der Erde hervorbringt, wegen ihres geringen Betrags aus der Acht gelassen. Aber der Herr von Zach hat bey der Verfertigung seiner neuen Sonnentafeln auch auf sie Rücksicht genommen, und dadurch die Bewegung der Erde nur desto genauer bestimmt. A. d. U.

wie die Masse der Erde, so hätte die Wirkung sehr ansehnlich seyn müssen; aber seine geringe scheinbare Größe läßt mich glauben, daß seine Masse viel kleiner, und also auch seine Wirkung verhältnißmäßig geringer gewesen sey. Indessen da wir ihn zu Gesicht bekamen, war er schon sehr weit von uns entfernt, in seiner größten Nähe war er bey uns unsichtbar; unsere Gegenfüßler aber müssen ihn dafür desto glänzender gesehen haben.

Was ich von den Störungen gesagt habe, die in der Bewegung der Erde hervorgebracht werden, gilt auch von den andern Planeten, nach Verhältniß ihrer Masse und ihrer Nähe gegen die übrigen. Was aber den Mond und die übrigen Trabanten betrifft, so hat es mit ihrer Bewegung eine ganz andere Bewanndniß. Der Mond ist der Erde so nahe, daß die Kraft, mit welcher sie ihn anzieht, die Wirkung der Sonne auf ihn weit übertrifft, ob diese gleich viele tausendmal größer ist, als die Erde. Daher kommt es, daß der Mond der Erde in ihrer Bahn folgt, und gleichsam wie angekettet bey ihr bleibt, weshalb man ihn als ihren Begleiter oder Trabanten ansieht. Wäre der Mond viel weiter von uns entfernt, und würde er weniger von der Erde als von der Sonne angezogen, so würde er ein Hauptplanet seyn, und seinen Lauf um die Sonne machen. Nun aber ist er 300 mal näher bey uns

als bey der Sonne, woraus man leicht schließen kann, daß diese eine viel geringere Wirkung auf ihn haben muß, als die Erde. — Da also der Mond vornehmlich von zwey Körpern angezogen wird, von der Erde und von der Sonne, so ist es klar, daß seine Bewegung viel schwerer zu bestimmen seyn muß, als die Bewegung der Hauptplaneten, auf welche die Kraft der Sonne allein wirkt, wenn man die kleinen Störungen, von welchen ich eben gesprochen habe, abrechnet. Auch hat die Bewegung des Monds von jeher den Astronomen viel zu schaffen gemacht, und sie haben es vor diesem nicht dahin bringen können, seine Stelle am Himmel für eine gewisse Zeit voraus zu bestimmen, ohne sich beträchtlich zu irren. So werden Ew. H. leicht einsehen, daß, wenn man eine Sonnen- oder Mondfinsterniß vorherbestimmen will, man genau den Ort des Mondes anzugeben im Stande seyn muß. Allein in den vorigen Jahrhunderten irrte man sich dabey nicht selten so sehr, daß die Finsterniß eine Stunde früher oder später eintrat, als man es durch die Rechnung gefunden hatte. So viel Mühe sich auch die alten Astronomen gegeben haben, die Bewegung des Mondes zu ergründen, so blieben sie doch noch immer sehr weit von der Wahrheit entfernt. Erst seitdem der große Newton die wahren Kräfte entdeckt hat, die auf den Mond wirken, ist man ihr immer näher

gekommen. Indessen blieb die Untersuchung immer noch sehr schwierig; ich habe selbst viel Zeit und Mühe darauf verwandt, und der berühmte Mathematiker und Astronom Tobias Mayer,*) der auf dem Wege, den ich zuerst betreten hatte, weiter fortging, ist endlich zu einem solchen Grad von Gewißheit gekommen, daß man beynahe nicht mehr verlangen kann. Es ist also noch nicht so gar lange, daß man sich rühmen darf, eine hinreichende Kenntniß von der Bewegung des Mondes zu haben. Und erst seit dieser Zeit ist man im Stande die Finsterniße so genau zu berechnen, daß man sich nicht mehr über eine Minute irrt. Diese genaue Kenntniß aber ist nicht allein für die Astronomie, sondern auch für die Geographie und Schiffarth von der größten Wichtigkeit. Den 23. Sept. 1760.

*) Der 1762 als Professor in Göttingen gestorben ist.

Hundert und funfzehnter Brief.

Die anziehende Kraft der himmlischen Körper erstreckt sich nicht allein auf die Erde im Ganzen, sondern auch auf die einzelnen Theile derselben. Alle Körper also, die wir auf der Oberfläche der Erde sehen, werden nicht nur von der Erde selbst angezogen — wovon ihre Schwere herrührt — sondern auch von der Sonne und den übrigen himmlischen Körpern, nach Verhältniß der Größe und der Entfernung derselben. Aber es ist sehr klar, daß die Kraft, mit der z. B. ein Stein gegen die Erde gezogen wird, unendlich größer seyn muß, als die Kraft, womit er gegen die Sonne, den Mond oder die Planeten getrieben wird, wegen der großen Entfernung dieser Körper. Wenn wir uns den Stein auf der Oberfläche der Erde gedenken, so ist er 60 mal weiter von dem Mond, als von dem Mittelpunkt der Erde entfernt; wäre also auch der Mond eben so groß wie die Erde, so würde doch seine Wirkung auf den Stein 60 mal 60, das ist 3600 mal schwächer seyn, als die Anziehung der Erde; nun ist er aber ungefähr 50 mal kleiner, als die Erde, folglich wird seine Wirkung noch 50 mal schwächer; oder sie ist 50 mal 3600, das ist 180,000 mal geringer, als die Anziehung der Erde oder als die Schwere des Steins. Ferner, ungeachtet die Son-

ne mehrere tausendmal größer ist, als die Erde, so ist doch ihre Wirkung auf den gedachten Stein, in Vergleich mit der Anziehung der Erde, überaus gering, da sie ungefähr 24000 mal weiter von ihm entfernt ist, als der Mittelpunkt der Erde. Ew. H. sehen hieraus, daß die Schwere der Körper, welche nichts anders als die Wirkung der anziehenden Kraft der Erde ist, durch die Anziehung der himmlischen Körper auf keine merkliche Weise verändert werden kann. Indessen so gering auch diese Anziehung seyn mag, so bringt sie doch eine sehr merkwürdige Erscheinung hervor, welche die Philosophen lange Zeit nicht wenig gequält hat; ich meine die Ebbe und Fluth. Man hört hiervon so oft, selbst im gemeinen Leben, daß es, wo nicht nothwendig, doch sehr angenehm und nützlich ist, eine richtige Kenntniß davon zu haben; und deßhalb nehme ich mir vor, Ew. H. eine umständliche Beschreibung von dieser sonderbaren Erscheinung zu machen, und die Ursachen derselben ausführlich zu erklären.

Es ist bekannt, daß der größte Theil der Oberfläche der Erde mit Wasser bedeckt ist, welches das Meer oder den großen Ozean ausmacht. Diese ungeheure Masse von Wasser unterscheidet sich gar sehr von den Flüssen und Seen, die nach Beschaffenheit der Jahreszeit bald größer, bald kleiner sind; da hingegen das Meer fast immer eine gleich große Men-

ge von Wasser enthält. Dem ungeachtet bemerkt man, daß das Meer abwechselnd steigt und fällt, und zwar jeden Tag zweymal mit einer ziemlichen Regelmäßigkeit. Wenn z. B. das Wasser in einem Hafen jetzt zur größten Höhe gestiegen ist, so wird es bald anfangen zu fallen; dieses Fallen dauert sechs Stunden fort, nach welchen es seinen niedrigsten Stand erreicht hat. Hierauf fängt es wieder an zu steigen, und steigt ebenfalls sechs Stunden fort, alsdenn befindet es sich wieder in der größten Höhe. Nach diesem fällt es von neuen 6 Stunden hindurch und steigt dann wieder eben so lange zurück, so daß es in einer Zeit von 24 Stunden zweymal steigt und zweymal fällt, und wechselsweise zur größten und zur kleinsten Höhe gelangt. Dieses abwechselnde Fallen und Steigen des Meeres nun nennt man die Ebbe und Fluth, und zwar versteht man unter jener insbesondere die Zeit des Fallens, und unter dieser die Zeit des Steigens. Von dieser Erscheinung also werde ich die Ehre haben Ew. H. zu unterhalten. Zuerst bemerkt man, daß nach dem verschiedenen Stand des Mondes auch ein Unterschied in dem Steigen und Fallen des Wassers statt findet. Im Voll- und Neumonde nehmlich erhebt es sich mehr, als in den Vierteln, und zur Zeit der Nachtgleichen, im März und September ist diese abwechselnde Bewegung des Meeres am stärksten. Ein anderer sehr

beträchtlicher Unterschied in dieser Bewegung rührt von der Lage der Küsten her. So steigt die Fluth an manchen Orten nicht über einige Fuß, indeß sie sich an andern bis auf 40 und drüber erhebt. Das letztere ist z. B. der Fall in den Häfen von St. Malo in Frankreich, und von Bristol in England.

Es ist auch zu merken, daß man diese Erscheinung vorzüglich in dem großen Ozean wahrnimmt; hingegen in den eingeschlossenen Meeren, wie das Baltische oder Mittelländische ist, wenig bemerkt. — Die Zwischenzeit zwischen dem Anfang der Ebbe und der darauf folgenden Fluth ist nicht genau sechs Stunden, sondern ungefähr 11 Minuten drüber; daher diese Veränderungen den folgenden Tag nicht mehr in denselben Stunden geschehen, sondern drey Viertelstunden später; und erst nach 30 Tagen, welches gerade die Umlaufszeit des Mondes, oder die Zeit von einem Neumond bis zum andern ist, treffen sie wieder zu derselben Stunde ein. Den 26. Sept. 1760.

Hundert und sechszehnter Brief.

Wenn sich das Meer an einem gewissen Ort erhebt, so darf man sich nicht einbilden, daß es durch irgend eine in seinem Innern vorgehende Veränderung aufschwillt, wie die Milch über dem Feuer. Die Erhebung des Meeres wird durch einen wirklichen Zuwachs von Wasser, welches von andern Orten herzufließt, hervorgebracht. Es ist ein wahrer Strom, den man sehr gut auf dem Meere bemerkt, der das Wasser an die Orte zusammenführt, wo sich die Fluth einstellt. Um dieß richtig zu verstehen, muß man sich vorstellen, daß es auf dem weiten Ozean immer Gegenden giebt, wo das Wasser niedriger ist, wenn es an andern höher steht; und eben von jenen Gegenden wird es diesen zugeführt. Wenn das Wasser an einem gewissen Orte steigt, so bemerkt man jederzeit einen Strom, der es von andern Orten herbeyführt, wo es alsdenn fallen muß. Es ist also ein Irrthum, sich, wie einige gethan haben, einzubilden, daß zur Zeit der Fluth die ganze Masse des Meerwassers vermehrt, und während der Ebbe wieder vermindert würde. Die Masse oder der Raum, den das ganze Meer zusammengenommen einnimmt, bleibt immer einerley, aber es herrscht darin eine Art von schwankender Bewegung, wodurch das Wasser wechselsweise

weise von der einen Gegend zur andern geführt wird; und wenn es an einem Orte hoch steht, so ist es gewiß an irgend einem andern niedrig, und der Zuwachs an jenem ist genau der Abnahme an diesem gleich. — So verhält es sich mit den Erscheinungen der Ebbe und Fluth, deren Ursache die alten Philosophen sich vergebens zu entdecken bemüht haben.

Kepler, sonst ein großer Astronom und die Zierde Deutschlands, glaubte, daß die Erde, so wie alle himmlischen Körper, ein wirklich lebendiges Geschöpf sey, und sah die Ebbe und Fluth als die Wirkung ihres Athemholens an. Nach diesem Philosophen waren die Menschen und Thiere gleichsam wie Insekten anzusehen; die sich auf der Haut dieses großen Thieres nährten. Ew. H. werden es mir leicht erlassen, eine so seltsame Meinung zu widerlegen. Descartes, dieser berühmte französische Philosoph, bemerkte, daß die Ebbe und Fluth sich hauptsächlich nach dem Lauf des Mondes richtet, welches unstreitig eine sehr wichtige Entdeckung war, wiewohl schon die Alten etwas von dieser Verbindung gemuthmaßt haben. Denn wenn sich die Fluth heute um Mittag einstellt, so wird die Ebbe des Abends um 6 Uhr 11 Minuten eintreten; 22 Minuten nach Mitternacht wird das Meer wieder anfangen zu steigen, und um 6 Uhr 33 Minuten

des Morgens wird es wieder fallen; die nächste Fluth tritt alsdenn drey Viertelstunden nach 12 Uhr ein; also drey Viertelstunden später, als den Tag zuvor, wie ich es schon im vorigen Briefe angemerkt habe. Da nun dasselbe bey der Bewegung des Mondes geschieht, der immer drey Viertelstunden später aufgeht, als den Tag zuvor, so war es leicht auf den Gedanken zu kommen, daß Ebbe und Fluth sich nach dem Lauf des Mondes richten. Wenn z. B. an einem gewissen Ort zur Zeit des Neumonds die Fluth Nachmittag um 3 Uhr eintritt, so kann man sicher seyn, daß sie künftig an den Tagen des Neumonds beständig um eben dieselbe Zeit eintreten, und die folgenden Tage immer drey Viertelstunden später ihren Anfang nehmen wird. Noch mehr, es richtet sich nicht nur die Zeit der Ebbe und Fluth genau nach dem Lauf des Mondes, sondern auch die Größe der Fluthen, die nicht immer gleich ist, scheint von der Lage des Mondes abhängig zu seyn. Sie sind durchgehends nach dem Neu- und Vollmonde am größten, und nach dem ersten und letzten Viertel am kleinsten. Diese genaue Uebereinstimmung zwischen den Fluthen und dem Lauf des Mondes läßt uns mit Recht schließen, daß die vornehmste Ursache der Ebbe und Fluth in der Wirkung des Mondes zu suchen sey. In der That glaubte auch Descartes, daß der Mond, wenn er über uns wegginge, auf die

Atmosphäre drückte; diese drückte dann hinwiederum auf das Meer, und machte dadurch, daß es fiele. In diesem Fall müßte also das Meer an den Orten niedrig seyn, über welchen sich gerade der Mond befände. Aber das geschieht nicht. Ueberdieß ist der Mond zu weit von der Erde entfernt, und die Atmosphäre zu niedrig, als daß er sie erreichen könnte; und selbst auch, wenn er oder irgend ein anderer großer Körper durch sie hindurchginge, so wäre es doch nicht möglich, daß sie dadurch zusammengedrückt werden, und noch weniger, daß das Meer diesen vermeintlichen Druck empfinden sollte. Dieser Versuch von Descartes, die Ebbe und Fluth zu erklären, ist also nicht gelungen, aber seine Entdeckung von dem Zusammenhang zwischen dieser Erscheinung und dem Lauf des Mondes hat seine Nachfolger in den Stand gesetzt, die richtige Erklärung zu finden. Diese werde ich die Ehre haben Ew. H. in den nächsten Briefen bekannt zu machen. Den 30. Sept. 1760.

Hundert und siebzehnter Brief.

Da der Versuch von Descartes die Ebbe und Fluth aus dem Druck des Mondes gegen die Atmosphäre zu erklären, nicht glückte; so war es vernünftiger die Ursache davon in der Anziehung desselben zu suchen. Da die anziehende Kraft der himmlischen Körper aus so vielen andern Erscheinungen unwidersprechlich erwiesen ist, so darf man kein Bedenken tragen, sie auch für die Ursache der Ebbe und Fluth anzusehen. Wenn man zugiebt, daß der Mond, so wie die übrigen himmlischen Körper, die Eigenschaft besitzt, alle andere Körper nach der umgekehrten Verhältniß der Quadrate ihrer Entfernung anzuziehen, so begreift man leicht, daß seine Wirkung sich auch bis auf das Meer erstrecken, und bey diesem um so eher merklich werden muß, je leichter eine jede Flüssigkeit durch die geringste Kraft in Bewegung gesetzt wird. Es kommt also nur darauf an, zu untersuchen, ob durch die Anziehung des Mondes eine solche Bewegung in dem Meere, wie die Ebbe und Fluth ist, hervorgebracht werden kann.

Die 7. Figur der I. Tafel stelle die Erde und den Mond vor; A sey der Ort, über welchem sich der Mond befindet, und B der Ort auf der entgegengesetzten Seite und C der Mittelpunkt der Erde. Da nun der Punkt A dem Monde näher liegt als B, so

wird ein Körper in A stärker vom Monde angezogen, als ein anderer Körper in B. Und wenn wir uns noch einen dritten Körper im Mittelpunkt der Erde gedenken, so ist offenbar, daß der Körper in A stärker von dem Monde angezogen wird, als der Körper in C, und dieser stärker, als der Körper in B, weil A näher und B weiter vom Monde entfernt ist, als C. Hingegen Körper in E und F werden ungefähr eben so stark angezogen, als der Körper in C, weil sie sich fast in gleicher Entfernung vom Monde befinden. Wir sehen also, daß nicht alle Körper auf der Oberfläche der Erde gleich stark vom Monde angezogen werden; und daß dieser Unterschied von ihrer ungleichen Entfernung herrührt. Dieß ist ein Umstand, auf den wir hier vorzüglich Acht haben müssen, weil der Grund der Erscheinung, die wir jetzt erklären wollen, darauf beruht. Denn wenn der Mond alle Theile der Erde gleich stark anzöge, so würden sie dieser Kraft gleich viel und zugleich nachgeben, und alsdenn könnte keine Veränderung in ihrer gegenseitigen Lage erfolgen. Stellen Ew. H. sich mehrere Wagen vor, die mit vollkommen gleichen Kräften nach einerley Richtung fortgezogen werden, so werden sie beständig in derselben Ordnung und in derselben Entfernung unter einander bleiben; so bald aber einige schneller, andere langsamer gehen, so bald wird ihre ganze Ordnung zer-

rüttet werden. Eben so ist es mit verschiedenen Körpern, die vom Monde angezogen werden, beschaffen; wirkte der Mond auf alle mit gleicher Stärke, so würden sie ihre Lage unter einander behalten, und wir würden keine Veränderung bemerken, so bald aber die Wirkungen verschieden werden, so müssen sie nothwendig ihre Ordnung und gegenseitige Lage ändern, wofern sie nicht durch Banden zusammengehalten werden, welche die Anziehung des Mondes nicht zu zerbrechen vermag; und dieß findet bey dem Meere nicht statt, da die kleinen Theilchen des Wassers sich leicht von einander trennen, und ein jedes den Eindrücken folgen kann, die es in Bewegung setzen. Es ist also klar, daß, wenn die Kräfte, welche auf die verschiedenen Theile des Meeres wirken, ungleich sind, nothwendig eine Bewegung und eine Veränderung in ihrer Lage daraus erfolgen muß. Nun haben wir eben gesehen, daß die verschiedenen Theile der Erde, und mithin auch des Meeres, welches den größten Theil ihrer Oberfläche einnimmt, wirklich mit ungleichen Kräften angezogen werden, weil sie in ungleicher Entfernung vom Monde liegen; folglich müssen sie dadurch in Bewegung gesetzt werden; und da der Mond in 24 und $\frac{3}{4}$ Stunden seinen Umlauf um die Erde vollendet, so wird er nach dieser Zeit dieselben Wirkungen von neuem hervorbringen. Ebbe und Fluth müssen

also von einem Tage zum andern immer um drey Viertelstunden später eintreten — welches mit der Erfahrung genau übereinstimmt. Jetzt wird es darauf ankommen, zu zeigen, daß die ungleiche Anziehung des Mondes auch die Ursache ist, warum das abwechselnde Steigen und Fallen des Meeres immer nach einem Zwischenraum von 6 Stunden und 11 Minuten auf einander folgt. Dieß werde ich in den folgenden Briefen zu thun versuchen. Den 4. Oct. 1760.

Hundert und achtzehnter Brief.

Ew. H. haben gesehen, daß der Mond durch seine ungleiche Wirkung auf die verschiedenen Theile des Meeres eine Veränderung in ihrer Lage hervorbringt. Denn da der Punkt A (in der vorigen Figur) dem Monde näher liegt, als der Mittelpunkt der Erde C, so wird ein Körper in A stärker von demselben angezogen, als ein anderer in C; er wird sich ihm also schneller nähern, als dieser; woraus nothwendig folgt, daß er sich weiter von dem Mittelpunkt C entfernen muß. Allein einen Körper von dem Mittelpunkt der Erde entfernen, heißt ihn erheben; und da hier von Wasser die Rede ist, welches sich in A befindet, so ist es gewiß, daß der Mond

ein Bestreben hat dasselbe zu erheben, und zwar mit einer Kraft, die dem Ueberschuß gleich ist, um welchen der Punkt A stärker angezogen wird, als der Mittelpunkt C. Daher muß das Wasser, welches sich auf der Erde unmittelbar unter dem Monde befindet, sich erheben oder anfangen zu steigen.

Nunmehr wollen wir auch einen Körper in B auf der entgegengesetzten Seite von A betrachten. Der Mittelpunkt der Erde C wird stärker von dem Monde angezogen, als der Punkt B; er wird sich ihm also mehr nähern, und dieser wird, so zu sagen, zurückbleiben, wie ein Wagen, der langsamer fährt, als ein anderer vor ihm. Hieraus folgt, daß der Punkt B weiter von dem Mittelpunct C entfernt wird, und sich also erhebt, weil sich von dem Mittelpunkt der Erde entfernen nichts anders ist, als sich erheben. Es ist also klar, daß der Mond nicht nur das Wasser in A zum Steigen bringt, sondern auch das Wasser auf der entgegengesetzten Seite in B, und dieses letztere zwar mit einer Kraft, die dem Unterschied gleich ist, um welchen der Punkt B weniger angezogen wird, als der Mittelpunkt C.

Diejenigen also, welche in A sind, haben den Mond gerade über sich, oder in ihrem Scheitelpunkt (Zenith); diejenigen aber, die sich in B befinden, sehen nichts von ihm, weil er alsdenn gerade an einer Stelle des Himmels steht, die ihrem Scheitelpunkt

entgegengesetzt ist, und der Fußpunkt (Nadir) genannt wird. Man sieht daraus, daß sich das Wasser an einem gewissen Ort des Meeres erheben muß, sowohl wenn der Mond in dem Scheitel- als wenn er in dem Fußpunkt dieses Ortes steht, das heißt, wenn er sich an der höchsten Stelle über oder an der tiefsten unter dem Horizont befindet. In der Zwischenzeit, wenn der Mond gerade im Horizont auf- oder untergeht, äußert er keine Kraft, das Meer in A und B zu erheben; sondern er macht, daß es alsdenn an den Orten steigt, in deren Scheitel- und Fußpunkt er sich befindet, das ist in E und F. Soll aber das Meer in E und F steigen, so muß das Wasser aus den dazwischen liegenden Gegenden A und B hergeführt, und folglich hier niedriger gemacht werden, oder fallen. Nach dieser Erklärung also sucht der Mond das Wasser an dem Ort des Meeres, in dessen Scheitelpunkt er sich befindet, zu erheben; ungefähr 6 Stunden darauf, wenn er in den Horizont kommt, bringt er eine entgegengesetzte Wirkung hervor, und macht, daß das Wasser niedriger wird. Nach 12 Stunden und 22 Minuten, wo er die größte Tiefe unter dem Horizont erreicht hat, erhebt er es wieder; und nach 18 Stunden und 33 Minuten, wenn er wieder am Horizont heraufsteigt, macht er, daß es fällt; bis er endlich nach 24 Stunden und 44 Minuten in den Schei-

telpunkt zurückkommt; worauf er von neuem dieselben Wirkungen auf das Wasser hervorbringt, wie den Tag zuvor. Dieß alles stimmt mit der Erfahrung auf das genaueste überein. Da also das abwechselnde Steigen und Fallen des Meeres in Zwischenräumen von 6 Stunden und 11 Minuten so genau mit der Bewegung des Mondes übereinstimmt, so darf man nicht zweifeln, daß es durch den Mond, und zwar durch die anziehende Kraft desselben verursacht wird. Ein merkwürdiger Umstand hierbey ist, daß der Mond mit gleicher Stärke auf das Meer wirkt, wenn er sich unter, als wenn er sich über dem Horizont befindet. Dieß ist in der That auf den ersten Anblick sehr befremdend, und man sollte glauben, daß er im erstern Fall gerade eine entgegengesetzte Wirkung haben müßte. Aber aus der Figur, die ich zur Erklärung dieser Erscheinung zu Hülfe genommen habe, werden Ew. H. sehr deutlich sehen, daß die Wirkungen in beyden Fällen gleich seyn müssen, weil A und B gleich weit von dem Mittelpunkt C entfernt sind. Den 7. Oct. 1760.

Hundert und neunzehnter Brief.

Nach dem, was ich die Ehre gehabt habe Ew. H. über die Ursachen der Ebbe und Fluth vorzutragen, werden Sie sehen, daß die Newtonische Erklärung der Cartesianischen gerade entgegengesetzt ist. Der letztern zufolge übt der Mond einen Druck aus, und das Meer müßte an den Orten, die gerade unter ihm liegen, niedrig seyn; nach Newton's Erklärung aber wirkt er durch Anziehung, und bringt das Wasser an eben diesen Orten zum Steigen. Die Erfahrung mußte also entscheiden, welche von beyden Erklärungen die richtige sey. Man zog daher die auf dem Meere gemachten Beobachtungen zu Rathe, um zu sehen, ob das Wasser am höchsten oder am niedrigsten sey, wenn der Mond im Scheitelpunkt stehe. Aber man fand, daß weder das eine noch das andere statt habe, sondern daß das Wasser erst einige Stunden später, wenn der Mond schon lange durch den Scheitelpunkt vorüber ist, seine größte Höhe erreiche. Hieraus wollten einige, welche die Sache nicht gründlich untersuchten, schließen, daß keine von beyden Erklärungen richtig sey; und die Cartesianer meynten schon, daß wenn Newtons Erklärung nicht angenommen werden könnte, die ihrige unfehlbar gelten müßte, da doch die Beobachtungen ihrem System eben so sehr

entgegen waren, als sie es dem Newtonischen zu seyn schienen. Das Cartesianische System wird schon allein durch den Umstand gänzlich umgestoßen, daß das Meer sich immer nach einem Zeitraum von 12 Stunden und 22 Minuten in demselben Zustand befindet, oder daß die Erscheinungen einerley sind, wenn der Mond über oder wenn er unter dem Horizont ist — welches sich aus dem Druck des Mondes auf die Atmosphäre schlechterdings nicht erklären läßt. Schon der bloße Anblick der 8. Figur auf der I. Tafel kann Ew. H. hiervon überzeugen. Der Erfahrung zufolge befindet sich das Wasser in A in demselben Zustand, der Mond mag in M oder in N stehen. Nun sieht man wohl, wie nach der Cartesianischen Erklärung das Wasser in A niedrig seyn muß, wenn der Mond in M steht und auf die Atmosphäre drückt; aber wie es möglich ist, daß dieselbe Wirkung erfolgt, wenn er sich in N befindet, läßt sich durchaus nicht begreifen. Hingegen nach dem System der Anziehung muß der Mond, wie ich Ew. H. bereits die Ehre gehabt habe zu zeigen, ungefähr eine gleiche Wirkung in A hervorbringen, er mag sich in M oder in N befinden; und ich halte es für überflüssig den Beweis hier nochmals zu wiederholen. Die ganze Schwierigkeit liegt darin, daß nach diesem System das Wasser in A steigen muß, wenn sich der Mond in M oder N befindet, die Erfahrung

aber lehrt, daß es erst einige Stunden nachher, wenn der Mond schon weit von M und N entfernt ist, seine größte Höhe erreicht. Allein Ew. H. werden leicht sehen, daß, die Sache genau betrachtet, Theorie und Erfahrung hier einander gar nicht widersprechen. Denn ich habe ja nicht gesagt, daß das Wasser seine größte Höhe erreichen müsse, wenn der Mond in M und N steht, sondern ich habe nur behauptet, daß der Mond es alsdenn durch seine anziehende Kraft zum Steigen bringe — und dieß wird durch die Erfahrung allerdings bestätigt. Nun kann aber das Wasser in A nicht steigen, ohne einen Zuwachs von Wasser zu erhalten; und dieses muß erst von andern selbst sehr entfernten Orten herbeyfließen; es gehört also eine gewisse Zeit darzu, ehe eine hinreichende Menge von Wasser zusammenkommt; folglich ist es sehr natürlich, daß das Meer in A seine größte Höhe erst einige Zeit nach dem Durchgange des Mondes durch M oder N erreichen kann. Weit gefehlt also, daß dieser Umstand unserm System entgegen seyn sollte, dient er ihm vielmehr zur Bestätigung. Hierzu kommt, daß der Mond kaum einen Augenblick in den Punkten M und N verweilt, seine anziehende Kraft aber schon eine geraume Zeit vorher, ehe er diese Punkte erreicht, auf das Wasser in A zu wirken anfängt, und noch eben so lange fortfährt, nachdem er vor ihnen vorüber gegangen

ist. Die Fluth entsteht also nicht aus einer einzigen plötzlichen Wirkung, welche der Mond in dem Augenblick, da er durch M oder N durchgeht, auf das Wasser in A äußert, sondern aus der Summe von Wirkungen, die seine anziehende Kraft während der ganzen Zeit, in welcher er sich durch einen beträchtlichen Raum zu beyden Seiten der Punkte M und N bewegt, auf das Meer in A ausübt. Hieraus ist es sehr begreiflich, daß das Meer erst einige Zeit nach dem Durchgang des Mondes durch M oder N zur größten Höhe gelangen kann. Eben so ist die größte Hitze eines Sommertages nicht alsdenn, wenn die Sonne am höchsten steht, das ist zu Mittag, sondern ein paar Stunden nachher, ungefähr zwischen 2 und 3 Uhr, weil die Wirkungen der Sonnenstrahlen in den ersten Stunden des Nachmittags noch dazu beytragen, ihre Wirkungen von Vormittage zu erhöhen.

Ich hoffe, daß diese Auseinandersetzung Ew. H. befriedigen und die Newtonische Erklärung in Ihren Augen rechtfertigen wird. Den 11. Oct. 1760.

Hundert und zwanzigster Brief.

Ew. H. werden gewiß nicht länger zweifeln, daß die Ebbe und Fluth Wirkungen der anziehenden Kraft des Mondes sind, aber noch ist mir eine Schwierigkeit dabey zu heben übrig: warum nehmlich diese Bewegung des Meers im Neu- und Vollmond viel stärker ist, als in den Vierteln. Wäre der Mond, wenn er neu oder voll ist, der Erde näher als in seinen Vierteln, so hätte die Sache keine Schwierigkeit, weil mit seiner Annäherung auch die Stärke seiner Anziehung vergrößert würde. Aber wenn er gleich bald etwas näher bey der Erde, bald etwas weiter von ihr entfernt ist, so macht doch dieser Unterschied zu wenig aus, als daß er eine so beträchtliche Veränderung in der Ebbe und Fluth verursachen könnte. Ueberdieß hängt er nicht mit dem Neu- und Vollmond zusammen, sondern es kann geschehen, daß der Mond uns in den Vierteln näher ist, als im Voll- oder Neulicht. Es muß also eine andere Ursache da seyn, welche die periodische Bewegung des Meers zur Zeit des Voll- und Neumonds zu vergrößern, und in den Vierteln zu verringern im Stande ist. Das System der allgemeinen Anziehung lehrt uns bald, daß diese Ursache keine andere ist, als die anziehende Kraft der Sonne, die in Verbindung mit dem Monde jene besondere Erschei-

nungen in der Ebbe und Fluth hervorbringt. In der That läßt sich alles, was ich von der Wirkung der anziehenden Kraft des Mondes gegen die Erde gesagt habe, auch auf die Sonne anwenden, welche ebenfalls mit ungleicher Stärke die Theile der Erde anzieht, je nachdem sie mehr oder weniger von ihr entfernt sind. Die Anziehung der Sonne ist sogar noch viel stärker als die Anziehung des Mondes, da sie hauptsächlich die Bewegung der Erde bestimmt, und sie in ihrer Bahn erhält.

Was nun die Bewegung betrifft, die sie im Meer verursacht, so hängt sie von der Ungleichheit ihrer Wirkung auf die verschiedenen Punkte der Erde ab, die mehr oder weniger als der Mittelpunkt der Erde angezogen werden, eben so wie ich es Ew. H. von der Anziehung des Mondes erklärt habe. Wenn alle Theile der Erde mit gleicher Stärke angezogen würden, so würde keine Veränderung in ihrer gegenseitigen Lage entstehen. Aber obgleich die Kraft der Sonne viel größer ist, als die Kraft des Mondes, so ist doch die Ungleichheit ihrer Wirkung auf die verschiedenen Theile der Erde viel geringer als bey dem letztern, wegen ihrer großen Entfernung, die 300 mal mehr beträgt, als die Entfernung des Mondes. Der Unterschied der Kräfte, mit denen der Mittelpunkt der Erde und die verschiedenen Punkte ihrer Oberfläche von der Sonne angezogen werden, ist sehr

klein,

klein, und nach den Berechnungen, die man hierüber gemacht hat, beträgt es kaum den dritten Theil so viel, als bey dem Monde. Die anziehende Kraft der Sonne also würde zwar allein schon hinreichen, eine Ebbe und Fluth hervorzubringen, aber sie würde ungefähr dreymal so klein seyn, als die, welche der Mond verursacht.

Es erhellet also hieraus, daß die Ebbe und Fluth aus der vereinigten Wirkung der Sonne und des Monds entsteht, oder daß es eigentlich zwey Arten von Ebbe und Fluth giebt, wovon die eine durch die Anziehung des Mondes und die andere durch die Kraft der Sonne hervorgebracht wird. Die erstere ist ungefähr dreymal größer, richtet sich nach dem Lauf des Mondes und nimmt immer von einem Tag zum andern um drey Viertelstunden später ihren Anfang. Die andere hängt von der Bewegung der Sonne ab, und würde beständig auf dieselben Stunden des Tages fallen, wenn sie allein wäre, das heißt, wenn es keinen Mond gäbe. Beyde Arten zusammen machen nun die Ebbe und Fluth aus, die wir auf dem Meere bemerken. Aber da schon eine jede Ursache für sich, die anziehende Kraft der Sonne sowohl als des Mondes, das Wasser zum Steigen oder Fallen bringt, so ist es offenbar, daß, wenn beyde zusammentreffen, und das Wasser mit vereinigten Kräften erheben oder erniedrigen, die

Ebbe und Fluth desto beträchtlicher seyn wird. Im Gegentheil, wenn sie einander entgegen wirken, und die eine das Meer zu erheben sucht, indeß die andere es an demselben Orte niedriger macht, so muß die eine durch die andere geschwächt, und daher Ebbe und Fluth desto kleiner werden. Nachdem also diese beyden Kräfte gemeinschaftlich oder einander entgegen wirken, nachdem wird die Ebbe und Fluth größer oder kleiner seyn. Da nun in den Neumonden die Sonne und der Mond in derselben Gegend des Himmels stehen, so treffen ihre Wirkungen zusammen, folglich müssen Ebbe und Fluth alsdenn am größten seyn. Eben dieß wird auch im Vollmond statt finden, wo der Mond der Sonne gerade gegenübersteht, weil, wie wir wissen, die Wirkung immer einerley ist, er mag sich im Scheitel- oder Fußpunkt eines Ortes befinden, das heißt, er mag von zwey einander entgegengesetzten Punkten am Himmel einnehmen, welchen er will. Aus diesem Grunde also muß die Ebbe und Fluth im Neu- und Vollmonde am größten seyn. Im ersten und letzten Viertel aber geschieht gerade das Gegentheil. Indem hier der Mond das Wasser zu erheben sucht, ist die Sonne bemüht es zu erniedrigen, und umgekehrt. Es ist also sehr begreiflich, daß Ebbe und Fluth alsdenn merklich kleiner seyn müssen — wie es die Erfahrung bestätigt.

Man kann überdieß noch durch Rechnung zeigen, daß die Wirkung des Mondes und der Sonne etwas größer ist, wenn sie sich im Aequator des Himmels befinden, oder von beyden Weltpolen gleich weit entfernt sind, welches zur Zeit der Nachtgleichen gegen das Ende der Monate März und September geschieht. Und in der That findet man auch, daß die Fluthen in diesen Jahreszeiten am stärksten sind. Es ist also kein Zweifel mehr übrig, daß die Ebbe und Fluth durch die anziehende Kraft des Mondes und der Sonne hervorgebracht werden, in so fern sie auf die verschiednen Theile des Meeres mit ungleicher Stärke wirkt; und die glückliche Erklärung dieser Erscheinung, die unsern Vorfahren ein Räthsel war, gereicht dem System der allgemeinen Anziehung oder Schwere, auf welches sich die Bewegung der himmlischen Körper gründet, zur völligen Bestätigung. Den 14. October 1760.

Hundert und ein und zwanzigster Brief.

Ich habe mich bisher bemüht, Ew. H. einen allgemeinen Begriff von den Kräften zu geben, von welchen die vornehmsten Erscheinungen in der Welt abhängen, und auf welche sich die Bewegung der himmlischen Körper gründet. Die Lehre von diesen Kräften macht das System der allgemeinen Anziehung oder der Attraction aus, nach welchem alle Körper nach Verhältniß ihrer Masse und ihrer Entfernung einander gegenseitig anziehen, wie ich es Ew. H. in den vorstehenden Briefen erklärt habe. Die Menge von Erscheinungen, welche durch Hülfe dieses Systems auf die befriedigendste Weise erklärt werden, lassen keinen Augenblick an der Wahrheit desselben zweifeln. Sehr natürlich dringt sich uns nun die Frage auf, was denn die Ursache dieser allgemeinen Anziehung sey, oder woher es komme, daß die Körper einander gegenseitig anziehen? eine Frage, die man zwar auf mancherley Weise zu beantworten versucht hat, aber bis jetzt noch nicht auf eine genugthuende Art aufzulösen im Stande gewesen ist.

Ich werde Ew. H. nicht mit der Aufzählung der vielen Hypothesen, die man über diesen Gegenstand ersonnen hat, Langeweile machen, sondern mich be-

gnügen im Allgemeinen zu bemerken, daß sich die Meinungen der Physiker und Philosophen hierüber in zwey Hauptklassen theilen. Nach der einen Parthey geschieht die gegenseitige Anziehung zweyer Körper durch ihre unmittelbare Wirkung auf einander, und die anziehende Kraft ist eine wesentliche innere Eigenschaft der Körper selbst. Dagegen behauptet die andere Parthey, daß die Anziehung keine unmittelbare Wirkung sey, sondern mittelbarer Weise durch Hülfe irgend einer feinen unsichtbaren Materie, durch welche der angezogene Körper gegen den anziehenden getrieben oder gestoßen wird, geschehe. Die erstere Meinung ist besonders von englischen Physikern vertheidigt worden, die sich vermuthlich durch den Ausdruck Anziehung, dessen sich Newton, der Urheber des Attractionssystems, zur Bezeichnung einer in der Natur unverkennbaren Wirkung bedient hatte, verleiten ließen, zu glauben, daß er die Ursache dieser Wirkung oder die anziehende Kraft wirklich für eine den Körpern eigenthümliche Kraft oder Eigenschaft gehalten habe. Aber ich habe schon wiederholentlich erinnert, daß man ihm mit Unrecht eine solche Meinung beylegt. Auch sehen Ew. H. leicht, daß es eine sehr bequeme Art der Erklärung ist, wenn man sagt, daß sich zwey Körper darum anziehen, weil sie eine gewisse geheime Kraft haben einander anzuziehen. Es ist zwar wahr, daß, da

uns das Wesen der Materie unbekannt ist, wir auch nicht wissen können, wie mannigfaltig die innern Eigenschaften und ursprünglichen Kräfte der Körper seyn mögen; aber irgend eine Erscheinung der Sinnenwelt aus diesen verborgenen Eigenschaften, wie man sie nennt, erklären wollen, heißt allen physikalischen Untersuchungen ein Ende machen. Nimmermehr würde die Physik einen erträglichen Grad der Vollkommenheit erreichen, wenn man diese Erklärungsart verstattete. Wir müssen in unsern Forschungen immer weiter gehen, und wenn wir dahin kommen, daß wir eine Sache nicht anders, als aus den verborgenen Eigenschaften der Materie erklären können, dann ist es eben deswegen Zeit, unsere Unwissenheit in dieser Sache zu gestehen, weil wir die verborgenen Eigenschaften oder das Wesen der Materie nicht kennen.

So wenig befriedigend also die Erklärung der englischen Physiker von der Ursache der Anziehung oder der Schwere ist, so wenig ist gleichwohl die andere Meinung, daß die Schwere eine mittelbare Wirkung sey, die durch den Stoß einer feinen unsichtbaren Materie, welche alle Körper umgiebt, hervorgebracht werde, erwiesen. Nach dieser Hypothese sind die Ausdrücke, Anziehung, anziehende Kraft, sehr unpassend, und man sollte nicht sagen, daß die Körper einander anziehen, sondern daß sie

gegen einander getrieben oder gestoßen würden. Indessen da die Wirkung dieselbe ist, die Körper mögen gegen einander getrieben oder von einander angezogen werden, so darf man sich an das Wort Anziehung nicht stoßen, wenn man nur nicht die Natur der Sache selbst dadurch erklären will. Um alle Irrungen zu vermeiden, sollte man sagen, daß die Körper sich so bewegen, als ob sie einander anziehen. Dabey bliebe es unentschieden, ob die Ursache davon in den Körpern selbst oder außer ihnen läge, und beyde Partheyen würden durch diese Art zu reden zufrieden gestellt.

Die letztere Meinung, daß die Schwere die Wirkung einer feinen Materie sey, haben, wie schon oben bemerkt ist, besonders Descartes und Huygens vertheidigt. Und in der That werden wir geneigter seyn zu glauben, daß zwey weit von einander entfernte Körper durch irgend eine Materie gegen einander getrieben werden, als daß der eine den andern ohne alle Zwischenmittel blos aus innerer Kraft an sich reissen sollte. Wenigstens stimmt das erstere allein mit unserer übrigen Erfahrung überein. So können z. B. ein paar Körper, die sich in einem Wasserbehälter (wäre es auch der Ozean) in einer gewissen Entfernung von einander befinden, durch die Bewegung des Wassers nach und nach zusammengebracht werden. Wir wollen einmal annehmen, der

Schöpfer hätte vor Erschaffung der Welt nur zwey Körper in weiter Entfernung von einander entstehen lassen, und außer diesen wäre nichts vorhanden gewesen: wäre es wohl möglich, daß sich einer dem andern genähert hätte? Wie hätte der eine das Daseyn des andern in der weiten Entfernung merken können? Wie hätte er eine Neigung haben sollen, sich ihm zu nähern? Sobald wir uns aber den Zwischenraum zwischen beyden mit einer feinen Materie erfüllt denken, so wird es uns nicht schwer zu begreifen, wie diese so auf die Körper wirken könnte, daß sie einander näher gebracht würden.

Es hat also allerdings das Ansehen, als ob die Meinung derjenigen, welche die Schwere aus der Wirkung einer feinen, alle Körper umgebenden Materie erklären, die richtigere sey, wenigstens wird sie uns begreiflicher scheinen. Aber mehr dürfen wir auch nicht behaupten. Für Gewißheit können wir diese Hypothese nicht ausgeben; es stehen ihr noch genug Schwierigkeiten entgegen. Denn einmal ist das Daseyn einer solchen alle Körper umfließenden feinen Materie noch ganz unerwiesen. Ferner ist man bis jetzt noch nicht im Stande gewesen, für diese feine Materie eine Bewegung zu finden, wodurch die mannigfaltigen Erscheinungen der Schwere nur mit einiger Wahrscheinlichkeit erklärt würden. Ich will nur den einzigen Umstand erwähnen, daß

das Gewicht der Körper von ihrer Masse und nicht von ihrem Umfang abhängt; nun wird aber, allen unsern Erfahrungen zufolge, ein Körper von einer flüssigen Materie mit desto größerer Stärke fortgetrieben, je mehr Oberfläche er ihr darbietet; also müßte auch ein Körper desto schwerer seyn, je größer sein Umfang ist. Endlich ist es nicht genug der feinen Materie willkührlich eine Bewegung zu geben, sondern man müßte auch zeigen, woher sie diese Bewegung bekommen hätte — woran die Urheber dieser Hypothesen bis jetzt noch nicht gedacht zu haben scheinen.

Das beste ist also, wir gestehen unsere Unwissenheit, und sagen lieber frey, daß wir die Ursache der Schwere nicht kennen, als daß wir uns mit unrichtigen Voraussetzungen und willkührlichen Erklärungen selbst täuschen. Desto wichtiger aber ist es für uns die Wirkungen und Gesetze der Schwere zu kennen; und diese lassen sich, wie die bisherigen Bemühungen der Physiker beweisen, mit glücklichem Erfolg beobachten und untersuchen, wenn gleich die Ursache der Schwere unbekannt bleibt. Den 18. Oct. 1760.

Hundert und zwey und zwanzigster Brief.

Die Frage: ob die Körper eine innere Kraft haben können, einander anzuziehen, ohne einen Stoß oder Eindruck von außen zu empfangen? führt mich auf eine nähere Betrachtung der Körper überhaupt. Vielleicht wird es Ew. H. seltsam scheinen, wenn ich hier zuerst die Frage aufwerfe: was ein Körper sey? da jedermann einen Körper kennt und ihn von andern Dingen, die nicht Körper sind, zu unterscheiden weiß? Allein es ist in der That nicht leicht, die allgemeinen Kennzeichen eines Körpers richtig anzugeben. Die Cartesianer sagen, daß das Wesen der Körper in der Ausdehnung bestehe, und daß alles, was ausgedehnt ist, zu den Körpern gehöre. Sie verstehen hier nehmlich eine Ausdehnung von drey Abmessungen oder Dimensionen, das heißt, eine Ausdehnung nach der Länge, Breite und Tiefe. Denn eine Ausdehnung von einer einzigen Dimension, oder nach der Länge allein, giebt nur eine Linie, und eine Ausdehnung von zwey Dimensionen, oder nach der Länge und Breite, ist erst eine Fläche, und noch kein Körper. Zu einem Körper werden also drey Dimensionen erfordert, Länge, Breite und Tiefe oder Dicke. Aber nun ist die Frage: ob alles, was eine solche Ausdehnung hat, ein

Körper sey? wie es seyn müßte, wenn die Erklärung von Descartes richtig wäre. Und wem fällt es hier nicht bey, daß auch der bloße Raum eine Ausdehnung von drey Dimensionen ist, den doch Niemand für einen Körper halten wird? er giebt blos den Ort her, den die Körper einnehmen oder ausfüllen, aber er ist nicht selbst ein Körper. Wir wollen einmal annehmen, daß alles, was in meinem Zimmer ist, und selbst die Luft, vernichtet würde: so würde das Zimmer noch immer dieselbe Länge, Breite und Höhe haben, ohne daß ein Körper da wäre. Also kann es sehr wohl eine Ausdehnung von drey Dimensionen geben, die kein Körper ist. (Man nennt einen solchen Raum ohne Körper einen leeren Raum, eine Leere oder ein Vacuum.) Folglich ist die cartesianische Erklärung mangelhaft, und die Ausdehnung allein noch nicht hinreichend, das Wesen eines Körpers zu charakterisiren.

Was wird man aber zur Ausdehnung noch hinzusetzen müssen, um den Begriff des Körpers zu bekommen? Man antwortet: die Bewegbarkeit, oder die Fähigkeit bewegt werden zu können. Denn ein Körper mag sich in Ruhe befinden, und noch so sehr befestigt seyn, so ist es möglich ihn in Bewegung zu setzen, wenn man nur hinreichende Kräfte anwendet. Dadurch wird der Raum aus der Reihe der Körper ausgeschlossen; weil man begreift, daß der

Raum, der nur dazu dient, die Körper in sich aufzunehmen, unbeweglich bleibt, wenn die in ihm befindlichen Körper auch noch so sehr bewegt werden. Man sagt auch, daß ein Körper durch die Bewegung von einem Ort an einen andern versetzt wird, zum Beweis, daß die Oerter und der Raum unbewegt bleiben. Indessen könnte doch mein Zimmer mit dem leeren Raum, so wie ich es vorher angenommen habe, füglich fortbewegt werden, und wird es auch wirklich durch die Bewegung der Erde selbst. Da hätten wir also einen leeren Raum, der fortbewegt würde, ohne ein Körper zu seyn; *) woraus zur Gnüge erhellet, daß Bewegbarkeit und Ausdehnung noch nicht hinreichen, die Natur der Körper zu bestimmen. Es gehört noch mehr, es gehört Materie dazu, wenn ein Körper da seyn soll; sie ist es, die den wirklichen Körper von der bloßen Ausdehnung unterscheidet. Nun kommt es also darauf an zu erklären, was Materie sey, ohne welche das Ausgedehnte nicht Körper seyn kann. Aber diese beyden Ausdrücke sind gleichbedeutend, alles, was Körper ist, ist auch Materie, und was Ma-

*) Hier hat Euler sich durch den Schein irre führen lassen; denn in der That kann der leere Raum, auch wenn er in einem Zimmer eingeschlossen ist, nicht aus seiner Stelle bewegt werden. Mehr hiervon enthält die angehängte Nachschrift. A. d. U.

terie ist, ist Körper. Wir sind also dadurch um nichts weiter gebracht. Unterdessen findet man doch leicht ein allgemeines Kennzeichen, welches aller Materie und mithin auch jedem Körper zukommt, und dieses ist die Undurchdringlichkeit, oder die Eigenschaft von keinem andern Körper durchdrungen zu werden, das heißt, eine solche Beschaffenheit, vermöge welcher zwey Körper nicht denselben Raum einnehmen können. In der That ist es der Mangel dieser Eigenschaft, der Undurchdringlichkeit, welcher macht, daß der leere Raum kein Körper ist. Vielleicht wird man mir einwenden, daß man die Hand durch das Wasser und durch die Luft bewegen kann, welches doch Körper sind. Es gäbe also Körper, die nicht undurchdringlich wären, und die Undurchdringlichkeit könnte keine allgemeine Eigenschaft der Körper seyn. Aber man muß hier erwägen, daß, wenn man mit der Hand durch das Wasser fährt, die Wassertheilchen der Hand ausweichen, und da, wo die Hand ist, kein Wasser mehr bleibt. Wenn sich die Hand durch das Wasser bewegen könnte, ohne daß dieses auswiche, und es möglich wäre, daß Hand und Wasser zu gleicher Zeit einerley Raum einnähmen, alsdenn würde das Wasser durchdringlich seyn; aber es ist sehr klar, daß dieß nicht geschieht. Also sind alle Körper undurchdringlich, oder jeder Körper schließt

von dem Ort, den er selbst einnimmt, alle andern aus; kein anderer kann an diesen Ort kommen, ohne daß der erstere ihm Platz machte. Das ist der Sinn, in dem man das Wort Undurchdringlichkeit nehmen muß. Den 21. Oct. 1760.

Nachschrift des Uebersetzers.

Der vorstehende Brief enthält ein auffallendes Beyspiel einer allgemeinen Täuschung und eines offenbaren Irrthums, in den wir durch die Natur unserer eigenen Vorstellungskräfte geführt werden. Euler behauptet, daß der leere Raum, der in einem Zimmer eingeschlossen ist, mit dem Zimmer selbst fortgehe, und widerspricht dadurch dem, was er nur eben vorher gesagt hat, gerade zu, nehmlich daß der Raum unbeweglich bleibt, wenn auch die in ihm befindlichen Körper noch so sehr bewegt werden. Ein solcher Widerspruch in wenigen Zeilen von einem Manne, wie Euler, ist unstreitig merkwürdig, und verdient näher untersucht zu werden. Wir wollen anstatt des leeren Zimmers lieber eine Kugel annehmen, die inwendig hohl und vollkommen leer ist. So gewiß nun ein jeder Mensch, der nur etwas nachzudenken gewohnt ist, überzeugt seyn wird, daß der leere Raum unmöglich aus seiner Stelle bewegt wer-

den kann, (mit andern Worten, daß man einen Raum nicht aus seinem Raum an einen andern Raum bringen kann,) so wenig wird er Bedenken tragen, die Frage: ob der in der Kugel eingeschlossene Raum mit der Kugel selbst fortfliegt? mit Eulern zu bejahen. Dadurch entsteht aber ein offenbarer Widerspruch, und also muß eines von beyden nothwendig falsch seyn, entweder muß der Raum aus der Stelle bewegt werden können, oder er kann nicht mit der Kugel fortfliegen. Daß das erstere geschehen sollte, wird schlechterdings Niemand zugeben, denn wir können uns zufolge der Natur unsers Vorstellungsvermögens, und zwar unserer Sinnlichkeit insbesondere, den Raum nicht anders, als eine einzige, unendliche, ausgedehnte Größe vorstellen, die nicht durch die Zusammensetzung einzelner Raumtheile entsteht, wie etwa eine Wand durch die Zusammenfügung einzelner Backsteine, sondern die alle Räume in sich schließt. Das Ganze bleibt etwas unbewegliches und unveränderliches; und es ist daher eben so unmöglich, daß der ganze unendliche Raum, als daß einzelne Theile desselben fortbewegt werden. Der Satz also, daß der Raum nicht aus seiner Stelle bewegt werden kann, hat eine mathematische Gewißheit, die sich auf unmittelbare Anschauung gründet. Folglich muß der Irrthum nothwendig in dem andern Satz, daß der eingeschlossene Raum mit

der Kugel selbst fortbewegt werde, liegen. Die Unrichtigkeit dieses Satzes darf also weiter nicht besonders dargethan werden, denn sie ergiebt sich unmittelbar aus dem eben gesagten, sondern es wird nur darauf ankommen, den Grund dieser allgemeinen Täuschung und dieses offenbaren Irrthums aufzudecken.

Wenn man fragt: ob der eingeschlossene Raum mit der Kugel fortfliegt? so verlangt man eigentlich zu wissen: ob der in der Kugel eingeschlossene Raum noch derselbe ist, der er vorher war, da sich die Kugel an einem andern Ort befand? und hier hängt die Antwort von einem Urtheil des Verstandes ab. Nun urtheilt der Verstand von den Dingen nach ihren Merkmalen; sind diese verschieden, so erkennen wir auch die Gegenstände für verschieden; sind sie aber vollkommen gleich, so halten wir die Gegenstände entweder für gleich, oder für identisch — das erstere, wenn die Vorstellungen gleichzeitig, das andere, wenn sie successiv sind. Wenn ich zwey Kugeln von gleicher Materie, gleicher Größe, gleicher Farbe ꝛc. neben einander sehe, wo also die Vorstellung von beyden zugleich in mir entsteht, so werde ich nicht glauben, nur eine Kugel zu sehen, sondern ich erkenne, daß es zwey gleiche Kugeln sind. Hingegen wenn mir jemand erst die eine, und nachdem er diese zurückgenommen hat, die andere zeigt, so

werde

werde ich beyde nur für eine einzige Kugel halten können, weil sie durch keine Merkmale von einander unterschieden sind, und ich folglich keinen Grund habe, sie für verschiedene Kugeln anzusehen, ob sie es gleich in der That sind. (Oft läßt es sich aus andern Umständen beurtheilen, ob Dinge, die der Verstand für einerley hält, wirklich einerley, oder nur gleich sind; aber dieß wird alsdenn nicht durch ein unmittelbares Urtheil, sondern durch Schlüsse, also durch Hülfe der Vernunft erkannt.) Oder wenn ich einen Hund über die Straße laufen sehe, so werde ich nicht glauben, bey jedem Schritt einen andern dem vorigen völlig gleichen Hund zu sehen, sondern ich muß ihn für denselben halten, weil die Merkmale immer dieselben bleiben, und die Vorstellungen von dem Hund in den verschiedenen Augenblicken nicht zugleich, sondern nach einander in mir entstehen. Es ist also ein allgemeines Gesetz des Verstandes, Gegenstände für einerley oder für identisch zu halten, wenn sie einerley Merkmale haben, und die Eindrücke, die sie auf unsere Sinnlichkeit machen, successiv sind. Nun aber hat der leere Raum keine andern Merkmale, als die Grenzen, von denen er eingeschlossen ist; diese bleiben bey der oben angenommenen Kugel immer dieselben, und die Eindrücke, die bey der Bewegung der Kugel auf unsere Sinnlichkeit gemacht werden, sind successiv, folglich

muß der Verstand den eingeschlossenen Raum, so gut wie die Kugel selbst, für identisch halten.

Der Grund jener allgemeinen Täuschung liegt also in der Natur des Verstandes selbst, und da diese bey allen Menschen gleich ist, so müssen auch alle in diesen Irrthum gerathen, aus welchem uns die Vernunft allein wieder befreyen kann.

Hundert und drey und zwanzigster Brief.

Ew. H. werden mir gegen die Undurchdringlichkeit der Körper vielleicht das Beyspiel eines Schwammes anführen, der, wenn man ihn ins Wasser taucht, ganz davon durchdrungen zu werden scheint. Aber es ist falsch, daß die Theilchen des Schwammes so durchdrungen würden, daß ein Wassertheilchen und ein Schwammtheilchen einen und ebendenselben Raum einnehmen sollten. Man weiß, daß der Schwamm ein sehr poröser Körper ist, und in seinen Poren eine Menge Luft enthält; sobald man ihn ins Wasser taucht, wird die Luft aus diesen Poren vertrieben, und steigt in kleinen Bläschen in die Höhe; an ihre Stelle tritt alsdenn das Wasser, und dringt in die nehmlichen Zwischenräume, welche sie vorher eingenommen hatte. Also wird hier we-

der die Luft von dem Wasser, noch das Wasser von der Luft, noch weniger der Schwamm von einem dieser beyden Körper durchdrungen. Es bleibt daher die Undurchdringlichkeit eine allgemeine und wesentliche Eigenschaft aller Körper; und es ist sehr richtig, wenn man sagt, daß ein Körper eine undurchdringliche Ausdehnung sey, weil nicht nur alle Körper ausgedehnt und undurchdringlich sind, sondern auch umgekehrt, alles, was ausgedehnt und undurchdringlich ist, ein Körper ist. Dadurch wird der leere Raum aus der Klasse der Körper ausgeschlossen, weil er zwar ausgedehnt, aber nicht undurchdringlich ist, und man überall, wo ein leerer Raum ist, einen Körper hinsetzen kann, ohne daß irgend etwas von seiner Stelle vertrieben wird.

Noch muß ich eine Schwierigkeit heben, die der Undurchdringlichkeit der Körper entgegen zu seyn scheint. Es giebt Körper, sagt man, die sich in einen kleinern Raum zusammendrücken lassen, wie z. B. Wolle, Luft. Werden also nicht bey dem Zusammendrücken der Luft mehrere Lufttheilchen in denselben Raum gebracht, und durchdringen sie einander nicht auf diese Art selbst? Nichts weniger; die Luft ist auch ein Körper oder eine Materie voller Poren oder kleiner Zwischenräume, die entweder leer, oder mit andern feinen und unsichtbaren Materien erfüllt sind. Im ersten Fall werden die Lufttheil-

chen nur näher zusammengebracht, ohne einander zu durchdringen; und im letztern wird die fremdartige Materie aus den Poren herausgepreßt, wie das Wasser aus einem Schwamm, den man zusammendrückt; niemals aber durchdringen die Lufttheilchen einander selbst. Es bleibt also ein Hauptgesetz in der Natur, daß zwey Körper sich nicht durchdringen oder zu gleicher Zeit denselben Raum einnehmen können. Hierin muß man den wahren Grund aller Bewegung, die man bey den Körpern wahrnimmt, suchen. Sobald ein paar Körper ihre Bewegung nicht fortsetzen können, ohne einander zu durchdringen, so muß nothwendig einer dem andern Platz machen. Wenn daher zwey Körper sich in einer geraden Linie gegen einander bewegen, wie es oft beym Billard geschieht, so müßten sie sich nothwendig durchdringen, wenn sie ihre Bewegung fortsetzen sollten; da aber dieß unmöglich ist, so stoßen sie bey ihrer Berührung so gegen einander, daß ihre Bewegung den Augenblick dadurch verändert wird. Eben jetzt, da ich diese Zeilen schreibe, bemerke ich, daß, wenn das Papier durchdringlich wäre, meine Feder frey durch dasselbe hindurchgehen würde, ohne zu schreiben; aber da es den Druck meiner Feder aushält, so bin ich im Stande, sie auf demselben fortzubewegen und diese Züge zu ma-

chen; *) welches nicht geschehen würde, wenn die Körper durchdringlich wären. Diese allgemeine Eigenschaft der Körper, die wir unter der Undurchdringlichkeit verstehen, muß also von der größten Wichtigkeit für uns seyn, da so viele Veränderungen und Wirkungen in der Natur auf ihr beruhen; und wir müssen unsere ganze Aufmerksamkeit auf sie richten, wenn wir die Natur der Körper und die Gesetze der Bewegung kennen lernen wollen. Den 25. Oct. 1760.

*) Man sieht leicht, daß dieses Beyspiel ein bischen hinkt. Denn das Papier könnte durchdringlich seyn und doch den geringen Druck der Feder aushalten, und umgekehrt, könnte es die Feder oder doch die Dinte durchlassen, ohne durchdringlich zu seyn, in dem Sinne, wie das Wort hier genommen werden muß. Das letztere ist wirklich der Fall bey dem Löschpapier. A d. U.

Hundert und vier und zwanzigster Brief.

Ein jeder Körper ist entweder in Ruhe oder in Bewegung. So klar dieses ist, so schwer ist es doch oft zu entscheiden, in welchem von beyden Zuständen sich ein Körper befindet. Das Papier auf meinem Tisch scheint mir in Ruhe zu seyn. Wenn ich aber bedenke, daß sich die ganze Erde mit erstaunender Geschwindigkeit bewegt, so muß ich schließen, daß auch mein Haus, mein Tisch und das Papier von dieser Bewegung fortgerissen werden. Alles also um uns her, was uns in gänzlicher Ruhe zu seyn scheint, wird in der That eben so schnell bewegt wie die Erde. Man muß daher zwey Arten von Ruhe, die wirkliche oder absolute und die scheinbare, unterscheiden. In absoluter Ruhe befindet sich ein Körper, wenn er unveränderlich denselben Platz behält, nicht in Rücksicht der Erde allein, sondern in Rücksicht der ganzen Welt. Wenn z. B. die Fixsterne beständig an derselben Stelle des Weltgebäudes blieben, so würden sie in Ruhe seyn, ob sie sich gleich noch so sehr zu bewegen scheinen; allein man ist hierüber noch ungewiß, und man kann nicht sagen, ob sie sich in der That in absoluter Ruhe befinden. *)

*) Dieß ist nicht wahrscheinlich. Bey mehrern Fixsternen hat man schon längst eine Bewegung wahrgenom-

Hingegen sagt man, daß sich ein Körper in scheinbarer Ruhe befindet, wenn er zwar bewegt wird, aber seine Lage gegen die ihn umgebenden Dinge behält. Wenn ich also sage, daß mein Tisch und das Papier, so wie die ganze Erde, in Ruhe sind, so ist dieß nur von der scheinbaren Ruhe zu verstehen, das heißt, diese Körper sind zwar wirklich in Bewegung, sie verändern aber ihre Lage unter einander nicht, und scheinen uns daher in Ruhe zu bleiben. Im gemeinen Leben richtet man sich nach dem Schein, und nennt dasjenige in Ruhe oder in Bewegung, was sich in scheinbarer Ruhe oder in scheinbarer Bewegung befindet; so sagt man, daß sich die Sonne und die Fixsterne bewegen, ungeachtet sie in der That in Ruhe sind; *) und es würde eine lächerliche

men. Wenn aber auch diese nur scheinbar seyn, und von der eignen Bewegung unsers Sonnensystems herrühren sollte, so berechtigt uns doch die Aehnlichkeit der Fixsterne mit der Sonne, zu glauben, daß, wenn diese eine eigene Bewegung hat, jene nicht unbewegt bleiben werden. A d. U.

*) Es braucht wohl kaum angemerkt zu werden, daß hier nur die tägliche und höchstens noch die jährliche Bewegung dieser Himmelskörper, die in der Umdrehung der Erde um ihre Achse und in dem Umlauf derselben um die Sonne ihren Grund haben, zu verstehen sind. Von einer andern Bewegung ist im gemeinen Leben wohl nicht die Rede. A. d. U.

che Ziererey seyn, wenn man von diesem Sprachgebrauch abgehen wollte. Allein sobald man die Sachen wissenschaftlich betrachtet, ist es sehr wichtig, beyde Arten von Ruhe und Bewegung zu kennen, und gehörig zu unterscheiden. Da wir den Ort, den ein Körper einnimmt, nur durch seine Lage gegen die übrigen ihn umgebenden Dinge bestimmen können, und die Bewegung in der Veränderung des Orts besteht, so ist es natürlich, daß wir glauben, ein Körper sey in Ruhe, so lange er in derselben Lage gegen die übrigen ihn umgebenden Körper bleibt, hingegen er werde bewegt, wenn blos diese Körper ihre Lage gegen ihn ändern. Es ist eine bekannte Erfahrung, daß, wenn man auf dem Wasser fährt, und sich dem Ufer nähert oder sich davon entfernt, das Schiff still zu stehen und das Ufer sich zu bewegen scheint. Wir sehen also, daß ein großer Unterschied zwischen der wirklichen oder absoluten, und der scheinbaren oder relativen Ruhe und Bewegung ist. Die Gesetze der Bewegung beziehen sich vornehmlich auf den absoluten Zustand der Körper, das heißt, auf ihre absolute Ruhe und Bewegung.

Um diese Gesetze kennen zu lernen, betrachtet man zuerst einen einzigen Körper allein, ohne alle Rücksicht auf die übrigen, gerade so als ob diese gar nicht vorhanden wären. Dadurch wird man in den

Stand gesetzt, dasjenige, was durch die Natur des Körpers selbst bewirkt wird, von dem zu unterscheiden, was durch die Einwirkung anderer Körper verursacht wird. Es sey also ein Körper allein vorhanden und in Ruhe; man fragt: wird er in Ruhe bleiben, oder wird er anfangen sich zu bewegen? Da gar kein Grund vorhanden ist, warum er sich nach einer Seite mehr als nach der andern hinneigen sollte, so schließt man, daß er beständig in Ruhe bleiben wird. Dasselbe muß auch geschehen, wenn andere Körper zugleich vorhanden sind, wofern sie nur nicht auf den Körper, von dem die Rede ist, wirken. Hieraus folgt dieses allgemeine Gesetz: Wenn ein Körper sich einmal in Ruhe befindet, und nichts außer ihm ist, das auf ihn wirkt, so wird er beständig in diesem Zustand verharren; und wenn er sich anfängt zu bewegen, so muß die Ursache seiner Bewegung außer ihm liegen, weil in dem Körper selbst nichts ist, was ihn in Bewegung setzen könnte. Sehen wir also, daß ein Körper, der vorher in Ruhe war, sich zu bewegen anfängt, so können wir versichert seyn, daß diese Bewegung durch irgend eine äußere Kraft verursacht worden ist, da in dem Körper selbst nichts liegt, was ihn in Bewegung setzen könnte, und er beständig in Ruhe geblieben seyn würde, wenn er

allein und ohne Verbindung mit den übrigen Körpern gewesen wäre.

So einleuchtend und gegründet auch dieses Gesetz ist, das den mathematischen Wahrheiten an die Seite gesetzt werden kann, so giebt es doch Leute, welche meinen, daß die Erfahrung ihm widerspräche. Sie berufen sich auf das Beyspiel eines Steins, der ruhig an einem Faden hängt, und herabfällt, sobald man diesen durchschneidet. Es ist offenbar, sagen sie, daß das Zerschneiden des Fadens den Stein nicht in Bewegung setzen kann; er muß also durch eigene innere Kraft hinunter getrieben werden. Die Sache ist richtig; aber es ist auch gewiß, daß die Schwere allein die Ursache des Falles ist, und nicht eine innere Kraft im Steine selbst. Aber eben diese Schwere, sagen sie weiter, könnte eine innere, eigenthümliche Kraft des Steines seyn. Hierauf antworte ich, daß die Schwere entweder durch eine feine Materie, oder durch die Anziehung der Erde hervorgebracht wird. Im ersten Fall ist die feine Materie, und im andern die anziehende Kraft der Erde die Ursache von dem Fall des Steins; denn wenn die Erde nicht da wäre, oder ihre anziehende Kraft verlöre, so würde der Stein nicht fallen. Folglich liegt die Ursache des Falles auf keine Weise in dem Stein. Da also dieser Einwurf nicht Stich hält, so bleibt das Gesetz, das ich aufge-

stellt habe, nehmlich, daß ein Körper, der einmal in Ruhe ist, beständig darin verharret, es sey denn, daß er von einer äußern Ursache in Bewegung gesetzt wird. Und dieses Gesetz gilt, wenn der Körper auch nur einen Augenblick in Ruhe gewesen ist, gesetzt, daß er sich auch zuvor bewegt hätte. Da dieses Gesetz der Grund der ganzen Mechanik ist, so habe ich geglaubt es so viel als möglich erläutern und begründen zu müssen. Den 28. Oct. 1760.

Hundert und fünf und zwanzigster Brief.

Ich komme wieder auf den Körper zurück, von dem wir angenommen haben, daß er außer aller Verbindung mit den übrigen sey. Gesetzt nun, er hätte durch irgend eine Ursache eine Bewegung bekommen, so entsteht die Frage, wie es in der Folge mit ihm werden wird: wird er sich beständig fortbewegen? oder wird er stille stehen? und wenn das letztere geschieht, wird er es im ersten Augenblick, oder nach einiger Zeit thun? Ew. H. werden leicht sehen, daß diese Frage sehr wichtig ist, und daß die Untersuchungen über die Bewegung der Körper davon ausgehen müssen. Wir wollen daher versuchen,

ob wir durch Schlüsse die Antwort darauf finden können.

Ein Körper befindet sich in Ruhe, so lange er und alle seine Theile an demselben Orte bleiben; und er ist in Bewegung, wenn er oder einige seiner Theile ihren Ort verändern. Man hat aber bey der Bewegung zwey Stücke zu betrachten, die Richtung und die Geschwindigkeit des bewegten Körpers. Die Richtung wird durch die gerade Linie ausgedrückt, nach welcher sich der Körper bewegt, und die Geschwindigkeit durch den größern oder kleinern Raum bestimmt, den er in einer gewissen Zeit durchläuft. Ich bin überzeugt, daß Ew. H. richtigere Begriffe hiervon haben, als ich Ihnen durch eine weitläuftige Erklärung zu geben im Stande wäre. Ich bemerke nur, daß, so lange ein Körper dieselbe Richtung behält, er sich in der geraden Linie fortbewegt, und umgekehrt, solange er sich nach einer geraden Linie bewegt, er dieselbe Richtung behält; wenn er sich aber nach einer krummen Linie bewegt, so ändert er unaufhörlich seine Richtung.

Wenn sich z. B. ein Körper nach der krummen Linie ABC (I. Taf. 9. Fig.) bewegt, so ist seine Richtung in A die kleine Linie Aa; in B wird es die Linie Bb; in C die Linie Cc. Verlängert man diese Linie nach L, M, N, so fällt die Richtung deutlicher in die Augen, und man sagt, daß, wenn der Kör-

per sich von A nach a bewegt, seine Richtung die gerade Linie AL sey; weil, wenn er dieselbe Richtung behielte, er nach dieser Linie AL fortgehen würde. Es ist also klar, daß, wenn er sich nach einer krummen Linie fortbewegt, er seine Richtung unaufhörlich ändert. Auf gleiche Art wird seine Richtung in B und C durch die geraden Linien BM und CN bezeichnet.

Was die Geschwindigkeit der Bewegung anbetrifft, so bleibt sie bey einem Körper dieselbe, wenn er in gleichen Zeiten gleiche Räume durchläuft. Man nennt dieß eine gleichförmige Bewegung. Wenn sich z. B. ein Körper so bewegt, daß er in jeder Sekunde zehn Fuß durchläuft, so sagt man, daß seine Bewegung gleichförmig sey. Und wenn ein anderer Körper in jeder Sekunde einen Weg von zwanzig Fuß zurücklegt, so ist seine Bewegung auch gleichförmig, seine Geschwindigkeit aber noch einmal so groß. Hieraus wird man leicht schließen können, was eine ungleichförmige Bewegung sey. Wenn sich nehmlich ein Körper in gleichen Zeiten nicht durch gleiche Räume bewegt, so ist seine Geschwindigkeit ungleich oder seine Bewegung ungleichförmig. Insbesondere nennt man seine Bewegung beschleunigt, wenn die Geschwindigkeit immer wächst, und vermindert, wenn sie immer abnimmt. Im letztern Fall kann es geschehen, daß die Bewegung

endlich so klein wird, daß der Körper ganz in Ruhe kommt.

Nach diesen Bemerkungen über die Geschwindigkeit und über die Richtung kehre ich wieder zu dem isolirten Körper zurück, von welchem ich angenommen habe, daß er durch irgend eine Ursache in Bewegung gesetzt sey. Sobald er angefangen hat sich zu bewegen, wird er eine gewisse Richtung und eine gewisse Geschwindigkeit haben; nun will man wissen, ob er in der Folge dieselbe Richtung und dieselbe Geschwindigkeit behalten, oder ob er eine Aenderung darin leiden wird? Unmöglich kann man behaupten, daß er gleich im ersten Augenblick wieder in Ruhe kommen wird, denn alsdann würde er keine Bewegung gehabt haben, weil zu einer jeden Bewegung eine gewisse Dauer erfordert wird, diese mag so klein seyn als sie will. So lange nun aber die Bewegung dauert, wird gewiß die Richtung dieselbe bleiben. Denn man sieht nicht ein, warum sich der Körper von seinem Wege mehr nach der einen, als nach der andern Seite wenden sollte; und da in der Welt nichts ohne einen hinreichenden Grund geschieht, so folgt, daß er beständig dieselbe Richtung behalten, oder daß seine Bewegung nach einer geraden Linie fortgehen wird. Und so wäre der erste Theil unserer Frage entschieden, daß

nehmlich die Richtung des bewegten Körpers unverändert bleibt.

Ferner behauptet man, daß sich auch die Geschwindigkeit des Körpers nicht ändern kann; denn sie müßte entweder zu- oder abnehmen, und es ist kein Grund zu einer solchen Veränderung da. Folglich schließen wir, daß der Körper sich ununterbrochen mit gleicher Geschwindigkeit, und nach derselben Richtung fortbewegen, oder daß er beständig nach einer geraden Linie, ohne je davon abzuweichen, und immer gleich geschwinde fortgehen wird. Er wird also auch niemals zur Ruhe kommen. Was ich aber von dem Körper, unter der Voraussetzung, daß er allein vorhanden wäre, gesagt habe, gilt auch, wenn andere Körper da sind, die keinen Einfluß auf ihn haben, weil es alsdenn so gut ist, als ob sie nicht existirten. So ist also unsere Frage nun ganz aufgelöst: ein Körper, der sich einmal in Bewegung befindet, bewegt sich unaufhörlich in derselben Richtung und mit derselben Geschwindigkeit fort, es sey denn, daß irgend eine äußere Ursache hinzukommt, die seine Bewegung zu ändern im Stande ist. Wenn also keine äußere Ursache auf einen Körper wirkt, so bleibt er in Ruhe, wenn er einmal in Ruhe ist, oder bewegt sich beständig nach einer geraden Linie mit gleicher Geschwindigkeit fort, wenn er einmal in Bewegung gesetzt ist; und dieß

ist das erste und vornehmste Gesetz der Natur, an welches die ganze Wissenschaft der Bewegung gegründet seyn muß. Wir können nun sicher den Schluß machen, daß, wenn ein Körper, der vorher in Ruhe war, sich bewegt, oder wenn er nach einer krummen Linie fortgeht, oder wenn er seine Geschwindigkeit ändert, allemal eine äußere Ursache auf ihn wirket. Es kann keine Aenderung weder in seiner Richtung noch in seiner Geschwindigkeit geschehen, die nicht von einer äußern Ursache bewirkt worden wäre. Den 1. Nov. 1760.

Hundert und sechs und zwanzigster Brief.

So ausgemacht auch die Wahrheit des Satzes ist, daß ein jeder bewegter Körper seine Bewegung ununterbrochen nach derselben Richtung und mit derselben Geschwindigkeit fortsetzt, wofern er nicht durch eine äußere Ursache gestört wird — so ist sie doch nicht unangefochten geblieben. Da es nun von der äußersten Wichtigkeit ist, einen Satz, auf welchen sich die ganze Wissenschaft der Bewegung gründet, außer allen Streit zu setzen, so will ich die Einwürfe, die man dagegen erhoben hat, jetzt anführen und widerlegen. Die Gegner lassen sich in zwey Hauptpartheyen theilen.

Die eine Parthey behauptet, daß alle Körper eine Neigung zur Ruhe haben, daß die Ruhe ihr natürlicher, und die Bewegung ein gewaltsamer Zustand für sie ist; und daß daher ein jeder Körper, wenn er in Bewegung gesetzt wird, seiner Natur nach in den Zustand der Ruhe zurückzukehren, und unabhängig von aller äußern oder fremden Einwirkung seiner Bewegung ein Ende zu machen strebt. Zum Beweise führen sie die ihrer Meynung nach so überzeugende Erfahrung an, daß wir in der Natur keine Bewegung kennen, wo sich dieses Widerstreben nicht sichtbar zeige. Sehen wir nicht z. B., sagen

sie, daß die Billardkugel, die mit noch so großer Heftigkeit fortgestoßen wird, ihre Geschwindigkeit sehr bald verliert und nach kurzer Zeit in Ruhe kommt? Sobald eine Uhr nicht mehr durch die Spannkraft der Feder oder durch die Schwere der Gewichte in Bewegung erhalten wird, steht sie still. Ueberhaupt sieht man bey allen Maschinen, daß ihre Bewegung nicht länger dauert, als die äußern Kräfte, die sie zuerst in Bewegung gesetzt haben, auf sie wirken. Hieraus folgern sie, daß es der Natur der Körper gar nicht angemessen ist, wenn sie einmal bewegt sind, in Bewegung zu bleiben, sondern daß man vielmehr immer äußere Kräfte anwenden muß, sie darin zu erhalten.

Ew. H. sehen wohl, daß, wenn dieser Schluß richtig wäre, unser Satz dadurch gänzlich umgestoßen würde, weil diesem zufolge die Billardkugel und die Maschinen, wenn sie einmal bewegt sind, in beständiger Bewegung bleiben müßten, wofern keine äußern Ursachen sie daran verhinderten. Wenn also in den angeführten Erfahrungen keine äußern Ursachen da sind, welche die Bewegung aufhalten, so sind wir genöthigt unsern Satz aufzugeben. Aber wir dürfen nur auf alle Umstände gehörig Acht haben, so werden wir so viele Hindernisse finden, die sich der Bewegung entgegensetzen, daß es kein Wunder ist, daß sie so bald aufhört. Erstens sehen wir,

daß die Kugel sich auf dem Tuch des Billards reibt, und dieses Reiben schwächt ihre Bewegung. Ferner da die Luft ein Körper ist, so leistet sie auch einen Widerstand, wodurch die Bewegung der Körper aufgehalten wird. Um sich davon zu überzeugen, darf man nur die Hand sehr geschwinde durch die Luft bewegen. Es ist also klar, daß das Reiben und der Widerstand der Luft sich der Bewegung der Billardkugel widersetzen, und sie bald zum Stillstehen bringen. Aber dieß sind äußere Ursachen, und man begreift, daß ohne diese Hinderniße die Bewegung der Kugel beständig fortdauern müßte. Eben so ist es auch mit den Maschinen, wo das Reiben der verschiedenen Theile gegen einander so beträchtlich ist, daß es vollkommen hinreicht, ihre Bewegung sehr bald zu hemmen. Da wir also die wahren Ursachen gefunden haben, die in den angeführten Fällen die Bewegung aufheben, und da dieß äußere Ursachen sind, die außer dem bewegten Körper liegen, so ist es offenbar falsch, daß die Körper von Natur eine Neigung zur Ruhe haben. Unser Grundsatz bleibt also fest, und erlangt sogar durch die gedachten Einwürfe neue Stützen. Ein jeder Körper erhält sich immerfort in der Bewegung, die er einmal bekommen hat, wenn keine fremden Ursachen dazu kommen, die seine Richtung oder seine Geschwindigkeit, oder beydes zugleich ändern. So wären wir

also mit dem einen Theil der Gegner, die unsern Grundsatz angriffen, fertig.

Die andere Parthey ist desto furchtbarer, da sie aus den berühmten Wolfischen Philosophen besteht. Diese erklären sich nicht gerade zu gegen unsern Grundsatz, für den sie vielmehr alle Achtung bezeugen; aber sie behaupten andere Sätze, die jenem gerade entgegen stehen. Sie sagen, ein jeder Körper habe von Natur ein beständiges Bestreben seinen Zustand zu verändern, das heißt, wenn er in Ruhe ist, so bemüht er sich in Bewegung zu kommen; und wenn er sich in Bewegung befindet, sucht er stets seine Richtung und seine Geschwindigkeit zu ändern. Zum Beweis dieser Behauptung führen sie nichts, als einige metaphysische Spitzfindigkeiten an, womit ich Ew. H. nicht beschwerlich fallen will. Nur das einzige muß ich bemerken, daß diese Behauptung eben durch unsern Satz, der so fest gegründet ist, und durch die Erfahrung, die mit diesem übereinstimmt, widerlegt wird. Denn wenn es wahr ist, daß ein Körper, der sich in Ruhe befindet, vermöge seiner Natur in diesem Zustande verharret, so ist es unstreitig falsch, daß er vermöge derselben Natur ein beständiges Bestreben haben sollte seinen Zustand zu verändern. Und wenn es gegründet ist, daß ein bewegter Körper, seiner Natur nach, sich in derselben Richtung und mit derselben Geschwindigkeit be-

ständig fortbewegt, so ist es unmöglich, daß er, zufolge derselben Natur, ohne Unterlaß bemüht seyn könnte, seine Bewegung zu ändern. Diese Philosophen widersprechen sich selbst, wenn sie zu gleicher Zeit den wahren Grundsatz der Bewegung und ihre seltsame Meynung behaupten wollen, und stoßen dadurch ihr eigenes System um.

Es bleibt also unwidersprechlich gewiß, daß unser Grundsatz in der Natur der Körper selbst aufs festeste gegründet ist, und daß alles, was ihm widerstreitet, aus der wahren Philosophie verbannt werden muß. Er ists, der uns in den Stand setzt, die Philosophie von einer Menge von Unrichtigkeiten zu reinigen. Man drückt ihn aber gemeiniglich durch folgende zwey Sätze aus. Der erste Satz: Ein jeder Körper, der einmal in Ruhe ist, bleibt ewig in Ruhe, wenn er nicht durch irgend eine äußere Ursache in Bewegung gesetzt wird. Der andere Satz: Ein jeder Körper, der einmal in Bewegung ist, bleibt ewig in Bewegung mit unveränderter Richtung und Geschwindigkeit, oder, bewegt sich unaufhörlich mit derselben Geschwindigkeit nach einer geraden Linie fort, wenn er nicht durch irgend eine äußere Ursache in seiner Bewegung gestört wird. Auf diesen beyden Sätzen

beruht die ganze Wissenschaft der Bewegung, oder die Mechanik. Den 4. Nov. 1760.

Hundert und sieben und zwanzigster Brief.

So wie man von einem Körper, so lange er in Ruhe ist, sagt, daß er in demselben Zustand bleibe, so sagt man es auch von einem bewegten Körper, so lange er sich mit gleicher Geschwindigkeit und nach einerley Richtung fortbewegt. — In demselben Zustand bleiben, heißt also nichts anders, als in Ruhe bleiben, oder sich in derselben Bewegung erhalten. Diese Redensart hat man eingeführt, um unsern Hauptgrundsatz kürzer so auszudrücken: jeder Körper bleibt vermöge seiner Natur in demselben Zustand, bis er durch eine äußere Ursache genöthigt wird, ihn zu verändern, das heißt, sich zu bewegen, wenn er in Ruhe war, oder die Bewegung, die er schon hatte, abzuändern. Man darf nicht glauben, daß ein Körper, um sich in demselben Zustand zu erhalten, an demselben Ort bleiben müßte. Dieß geschieht nur, wenn er in Ruhe ist; bewegt er sich aber mit gleicher Geschwindigkeit und nach derselben Richtung, so sagt man ebenfalls, daß er in demselben Zustand bleibt, ob er gleich je-

den Augenblick seinen Ort verändert. Diese Anmerkung ist nothwendig, damit man Veränderung des Orts und Veränderung des Zustandes nicht mit einander verwechselt. Wenn man nun fragt: warum die Körper in demselben Zustand verharren, so läßt sich nichts anders darauf antworten, als daß es ihre Natur so mit sich bringt. Alle Körper, in so ferne sie aus Materie bestehen, haben die Eigenschaft in demselben Zustand zu bleiben, wenn sie nicht durch eine äußere Ursache aus demselben herausgerissen werden. Diese Eigenschaft heißt mit einem besondern Namen die Trägheit, sie kommt den Körpern eben so wesentlich zu, als die Ausdehnung und Undurchdringlichkeit; und es ist unmöglich, daß ein Körper ohne Trägheit sey. Die Benennung selbst ist eigentlich von denjenigen in die Physik eingeführt worden, die da glaubten, daß alle Körper einen natürlichen Hang zur Ruhe hätten. Sie sahen die Körper für so faul als gewisse Menschen an, welche die Ruhe der Arbeit vorziehen, und schrieben ihnen eben einen solchen Abscheu vor der Bewegung zu, als diese Menschen vor der Arbeit haben; denn Trägheit heißt ungefähr eben so viel als Faulheit. Ob man nun gleich nachher die Unrichtigkeit dieser Meinung erkannt und eingesehen hat, daß die Körper eben so gut im Zustande der Bewegung als der Ruhe verharren, so hat man

doch das Wort Trägheit beybehalten, und versteht darunter überhaupt die Eigenschaft aller Körper, in demselben Zustand, es sey der Ruhe oder der Bewegung zu bleiben. Man kann sich also unter der Trägheit einen gewissen Widerstand gegen alles, was den Zustand der Körper ändern könnte, vorstellen; denn wenn ein Körper seinen Zustand verändern soll, so muß er durch irgend eine äußere Ursache dazu gezwungen werden. Daher kommt es, daß man diese äußere Ursache eine Kraft nennt, ein Ausdruck, der häufig von Leuten gebraucht wird, die ihn nicht recht verstehen. Ew. H. werden aus dem, was ich eben gesagt habe, sehen, daß Kraft alles das bedeute, was den Zustand der Körper zu verändern im Stande ist. Wenn also ein Körper, der in Ruhe gewesen ist, in Bewegung gesetzt wird, so ist es eine Kraft, die ihn in Bewegung setzt; und wenn ein bewegter Körper seine Geschwindigkeit oder Richtung ändert, so ist es ebenfalls eine Kraft, die diese Aenderung verursacht hat. Diese Kraft ist immer außerhalb des Körpers, dessen Zustand verändert worden ist; denn wir haben gesehen, daß ein Körper, so lange er sich selbst überlassen ist, seinen Zustand nicht verändert. Die Trägheit aber, vermöge welcher sich ein Körper in seinem Zustand zu erhalten strebt, liegt in dem Körper selbst, und ist eine wesentliche Eigenschaft desselben. Wenn also eine äu-

ßere Kraft einen Körper aus seinem Zustande bringen will, so widersetzt sich ihr die Trägheit, und je größer diese ist, desto größer wird die Kraft seyn müssen, die den Zustand des Körpers verändert. Daraus sieht man, daß die Trägheit eine Eigenschaft ist, die sich messen läßt, und daß sie bey einem Körper größer seyn kann, als bey dem andern. Nun haben aber die Körper diese Trägheit, in so fern sie Materie enthalten. Wir beurtheilen selbst die Masse eines Körpers aus seiner Trägheit oder aus dem Widerstand, den er bey jeder Veränderung seines Zustandes leistet; und folglich ist die Trägheit eines Körpers desto größer, je mehr Masse er enthält. Auch wissen wir, daß man mehr Kraft anwenden muß, den Zustand eines großen, als eines kleinen Körpers zu verändern; und wir schließen daraus, daß der größere mehr Masse habe, als der kleinere. Man könnte fast sagen, daß die Trägheit das einzige sey, was uns die Materie fühlbar machte.

Es ist also klar, daß die Trägheit gemessen werden kann, und daß sie eben so groß ist, als die Menge der Materie, die ein Körper enthält; und da man die Menge der Materie eines Körpers seine Masse nennt, so ist das Maaß der Trägheit und der Masse einerley. Ein Körper, der doppelt so viel Masse enthält, als ein anderer, hat auch eine doppelt so große Trägheit, als dieser, und bey ei-

nem, der dreymal mehr Masse hat, als ein anderer, ist auch die Trägheit dreymal größer, u. s. f. Was wir also von den Körpern im Allgemeinen wissen, schränkt sich auf folgende Punkte ein: Erstens wissen wir, daß alle Körper eine Ausdehnung von drey Dimensionen haben; zweytens daß sie undurchdringlich, und drittens daß sie träg sind, oder die Eigenschaft haben, beständig in demselben Zustand zu verharren, bis sie von einer äußern Kraft gezwungen werden ihn zu verändern. Den 8. Nov. 1760.

Hundert und acht und zwanzigster Brief.

Was ich Ew. H. bisher von der Natur und den Eigenschaften der Körper vorgetragen habe, kann uns in den Stand setzen, eine Menge von Erscheinungen in der Natur richtig zu beurtheilen. Wenn wir einen Körper sähen, der mit einer gleichförgen Bewegung in gerader Linie fortginge, das heißt, der sich mit gleicher Geschwindigkeit und nach einerley Richtung bewegte, so würden wir nicht glauben, daß die Ursache von der Fortdauer dieser Bewegung außer dem Körper läge, sondern wir würden überzeugt seyn, daß sie in der Natur des Körpers selbst gegründet wäre, der vermöge seiner Trägheit in demselben Zustand, der Bewegung oder der Ruhe, verharret. Mit Recht würden wir behaupten, daß auf diesen Körper keine äußere Ursache wirkt, oder daß, wenn welche auf ihn wirken, ihre Kräfte sich gegenseitig aufheben, und es also eben so gut ist, als ob keine da wären. Wenn man also fragte, warum der Körper sich unaufhörlich fortbewegte? so wäre die Antwort nicht schwer; aber wenn man wissen wollte, warum er angefangen hat, sich zu bewegen? so wäre die Sache ganz anders. Man müßte sagen, daß irgend eine äußere Kraft ihn in Bewegung gesetzt habe, wenn er vorher in

Ruhe war; aber die Größe dieser Kraft ließe sich unmöglich bestimmen, weil vielleicht keine Spur mehr von ihr übrig wäre. Es ist daher eine wunderliche Frage: wer im Anfange der Welt einem jeden Körper zuerst seine Bewegung gegeben habe? oder wer die erste Ursache aller Bewegung sey? Diejenigen, welche diese Frage thun, gestehen einen Anfang und folglich eine Schöpfung der Welt zu; sie bilden sich aber ein, daß alle Körper von Anfang in Ruhe gewesen wären. Allein man kann ihnen antworten, daß der, welcher die Körper erschaffen konnte, ihnen auch ihre Bewegung zu geben im Stande war; und ich frage sie: ob sie es für leichter halten Körper zu schaffen, die sich in Ruhe befinden, als solche, die in Bewegung sind? Beydes erfordert die Allmacht Gottes auf gleiche Weise. Aber bey unsern Untersuchungen über Gegenstände der Physik müssen wir die Allmacht Gottes aus dem Spiel lassen; sobald wir den Grund von irgend einer Naturbegebenheit nirgends anders, als in den Eigenschaften des göttlichen Urhebers zu finden wissen, so bald ist es Zeit unsere Unkunde zu gestehen. Und wenn wir also sagen, daß Gott die erste Ursache aller Bewegung sey, so heißt dieß nur so viel, als daß wir den ersten Grund der Bewegung nicht kennen. Hat aber ein Körper einmal eine Bewegung bekommen, so bewegt er sich vermöge seiner Natur

oder seiner Trägheit so lange fort, bis irgend eine äußere Kraft ihn daran verhindert; und so oft wir sehen, daß ein Körper seinen Zustand verändert, müssen wir schließen, daß eine äußere Kraft ihn dazu gezwungen hat. Wenn also ein Stein, sich selbst überlassen, fällt, so geschieht dieß nicht durch seine eigene Natur, sondern es ist die Wirkung einer ganz außer ihm befindlichen Ursache, nehmlich der Schwere. Die Schwere ist folglich keine innere Kraft der Körper, sondern man muß ihre Quelle außer ihnen suchen. Dieß ist mathematisch gewiß, wenn wir gleich die Quelle selbst noch nicht kennen. Eben so ist es mit einem Stein, den man wirft. Man sieht, daß seine Bewegung nicht in gerader Linie fortgeht, und daß seine Geschwindigkeit sich nicht immer gleich bleibt. Die Ursache dieser Veränderung ist gleichfalls die Schwere; ohne sie würde der Stein in der Luft immer mit gleicher Geschwindigkeit und nach einerley Richtung fortfliegen; und wäre es möglich, daß sie mitten in seiner Bewegung auf einmal verschwände, so würde er seine Bewegung ununterbrochen nach der Richtung und mit der Geschwindigkeit fortsetzen, die er in dem Augenblick hatte, da die Schwere aufhörte auf ihn zu wirken. Da sie nun aber beständig und auf alle Körper wirkt, so darf man sich nicht wundern, daß man nirgends eine Bewegung findet, wo Richtung und Geschwindig-

keit sich immer gleich blieben. Eher kann es geschehen, daß ein Körper in fortdauernder Ruhe bleibt, man braucht nur zu verhindern, daß er nicht fällt. So bleibt mein Tisch ruhig auf seiner Stelle stehen, weil der Fußboden des Zimmers verhindert, daß er nicht hinunter fällt. Aber ich habe es schon oben gesagt, daß die Körper, die uns in Ruhe zu seyn scheinen, durch die Bewegung der Erde fortgerissen werden, die weder geradlinicht noch gleichförmig ist. Man kann also nicht einmal sagen, daß sie in demselben Zustande bleiben. Auch giebt es unter allen himmlischen Körpern keinen einzigen, der sich in gerader Linie und immer gleich geschwind bewegte; sie verändern ihren Zustand unaufhörlich, und wir kennen selbst die Kräfte, die diese beständige Veränderung hervorbringen; es sind die anziehenden Kräfte, womit die himmlischen Körper auf einander wirken. Ich habe schon bemerkt, daß diese Kräfte als Wirkungen einer feinen Materie, die alle Körper umgiebt, angesehen werden können; aber auch uach der Meinung derjenigen, welche sie der Materie der Körper selbst beylegen, bleiben sie immer außerhalb dem Körper, auf den sie wirken. Wenn man also sagt, daß die Erde von der Sonne angezogen wird, so gesteht man, daß die Kraft, welche auf die Erde wirkt, nicht in der Erde selbst, sondern in der Sonne liegt, und daß sie verschwin-

den würde, wenn die Sonne aufhörte zu seyn. Unterdessen scheint mir diese Meinung, daß die anziehende Kraft eine wesentliche Eigenschaft der Materie seyn sollte, so vielen Schwierigkeiten unterworfen zu seyn, daß ich wenigstens ihr nicht beystimmen mag. Viel wahrscheinlicher ist mir die andere Meinung, nach welcher man die Anziehung als die Wirkung einer feinen Materie anzusehen hat, die den ganzen Raum des Himmels erfüllt; wenn uns gleich die Art und Weise, wie diese Materie sich bewegt und auf die Körper wirkt, noch verborgen ist. Es giebt so viele andere wichtige Dinge, in denen wir unsere Unwissenheit nicht minder gestehen müssen. Den 11. Nov. 1760.

Hundert und neun und zwanzigster Brief.

Nach den Betrachtungen über die Natur der Körper gehe ich zu einem neuen ganz verschiedenen Gegenstande fort, vor dem mir in der That ein wenig bange ist. Ich will Ew. H. von der Elektrizität unterhalten, deren Erscheinungen so mannichfaltig und wunderbar sind, daß es eben so wichtig ist sie zu kennen, als es schwer ist sie zu erklären. Ohne Zweifel werden Ew. H. sehr oft davon haben reden hören, und vielleicht auch Versuche darüber anstellen sehen. Es ist ein Gegenstand, der die Physiker heutigstags ganz vorzüglich beschäftigt, und man entdeckt fast täglich neue Erscheinungen, mit deren Beschreibung ich allein viele Bogen füllen könnte, ohne vielleicht je zu Ende zu kommen.

Daher befinde ich mich in einiger Verlegenheit. Ich möchte nicht gern, daß ein so wichtiger Theil der Naturlehre Ew. H. unbekannt bliebe; aber ich möchte Ihnen eben so ungern mit einer Beschreibung der vielen Versuche und Erscheinungen Langeweile machen. Unterdessen schmeichle ich mir einen Weg gefunden zu haben, der uns so glücklich durch diese verwickelte Materie führen wird, daß Ew. H. zu einer gründlichern Kenntniß darin gelangen werden, als man selbst bey manchen Physikern antrifft.

Bey der Erzählung der mannigfaltigen Erscheinungen und Wirkungen der Elektrizität werde ich mich also nicht aufhalten, — dieß würde uns nur in eine verdrießliche Weitläuftigkeit führen, ohne uns der Kenntniß der Ursache selbst näher zu bringen; sondern ich will lieber gleich damit anfangen, Ew. H. den wahren Grund aufzudecken, auf welchem alle diese Erscheinungen, so verschieden sie auch dem Ansehen nach seyn mögen, beruhen.

Zu dieser Absicht darf ich nur überhaupt bemerken, daß man die Elektrizität durch das Reiben einer gläsernen Röhre zu erregen pflegt. Durch dieses Mittel wird die Röhre elektrisch; alsdenn zieht sie kleine und leichte Körper, die man ihr nahe bringt, wechselsweise an, und stößt sie wieder zurück; hält man größere dicht daran, so sieht man Funken herausfahren, die stark genug gemacht werden können, um Weingeist und andere brennbare Materien anzuzünden. Berührt man die Röhre mit dem Finger, so fährt nicht allein ein Funken heraus, sondern man fühlt auch ein Stechen, das unter gewissen Umständen so heftig werden kann, daß der ganze Körper dadurch erschüttert wird.

Anstatt der Glasröhre bedient man sich auch einer gläsernen Kugel, die man vermittelst einer Achse und einer Kurbel oder eines Rades herumdreht. Während des Umdrehens reibt man sie mit der tro-

ckenen Hand oder mit einem Kissen, das man gelinde gegen sie andrückt; dadurch wird sie eben so elektrisch, und bringt dieselben Erscheinungen hervor, wie die Röhre.

Außer dem Glase haben auch noch andere Körper die Eigenschaft durchs Reiben elektrisch zu werden; von der Art sind besonders die harzichten Körper, das Siegellack und der Schwefel. Hingegen giebt es andere Arten von Körpern, die man reiben mag, wie man will, man bemerkt keine Spur von Elektrizität bey ihnen. Wenn man sie aber den ersteren nähert, nachdem man diese elektrisch gemacht hat, so werden sie ebenfalls elektrisch. Sie erhalten also ihre Elektrizität durch Mittheilung, weil sie erst durch die Berührung, oder oft auch nur durch die bloße Annäherung elektrischer Körper, elektrisch gemacht werden können.

Man kann daher alle Körper in zwey Klassen theilen, in solche, die durch Reiben, und in solche, die durch Mittheilung elektrisch werden. Hierbey ist es sehr merkwürdig, daß die Körper der ersten Klasse keine Elektrizität durch Mittheilung annehmen. Denn wenn man an eine gläserne Röhre oder Kugel, die noch so stark elektrisirt ist, andere Gläser oder solche Körper hält, die durch Reiben elektrisch werden, so bekommen diese nicht die geringste Elektrizität dadurch. Um desto mehr Aufmerksamkeit ver-

dient also die angegebene Eintheilung, da die Körper der beyden Klassen so durchaus verschieden sind, daß die einen nur durch Reiben und nicht durch Mittheilung; die andern aber nur durch Mittheilung und nicht durch Reiben elektrisch gemacht werden können. *)

Alle Metalle gehören in die letztere Klasse, und die Mittheilung geht so weit, daß, wenn man das eine Ende eines Eisendrathes gegen einen elektrischen Körper hält, sogleich auch das andere Ende elektrisch wird, der Drath mag so lang seyn, als er will. Ja, bringt man noch einen andern Drath an das äußerste Ende des erstern, so wird sich die Elektrizität auch durch diesen ganz verbreiten, und so fort; auf diese Art ist man im Stande sie bis zu den größten Entfernungen fortzuleiten.

Das Wasser ist eine von den Materien, welche die Elektrizität durch Mittheilung annehmen. Man hat ganze Teiche elektrisirt, so daß man Funken her-

*) Gegenwärtig ist es eine ausgemachte Sache, daß diese Unterscheidung keinen Grund hat. Beyde Arten von Körpern lassen sich durch Reiben und beyde durch Mittheilung elektrisiren. Daher hat man die obige Eintheilung verworfen, und eine andere eingeführt, von der weiter unten gesprochen werden soll.

A. d. U.

ausfahren sah und einen Schmerz empfand, wenn man den Finger hinan hielt. *)

Jetzt ist man auch überzeugt, daß Blitz und Donner Wirkungen der Elektrizität sind, die sich in den Wolken durch irgend eine Ursache anhäuft. Ein Gewitter zeigt uns dieselben elektrischen Erscheinungen im Großen, die wir durch unsere Maschinen im Kleinen hervorzubringen im Stande sind. Den 20. Jun. 1761.

*) So gewiß es ist, daß sich das Wasser durch Mittheilung elektrisch machen läßt, so wenig möglich ist es, aus Gründen, die in der Folge werden deutlich werden, einen ganzen Teich zu elektrisiren. Weiter unten, im 136sten Briefe, bezweifelt Euler selbst die Wahrheit eines solchen Vorgebens. A. d. U.

Hundert und dreyßigster Brief.

Schon der kurze Abriß, den ich in meinem letzten Briefe von den vorzüglichsten Erscheinungen der Elektrizität gegeben habe, wird Ew. H. neugierig machen, die verborgenen Kräfte der Natur kennen zu lernen, die so wunderbare Wirkungen hervorzubringen fähig sind.

Die meisten Physiker gestehen ihre Unwissenheit, sobald es darauf ankommt, diese Wirkungen zu erklären. Es scheint, daß die große Mannichfaltigkeit der elektrischen Erscheinungen, die sich täglich durch neue Entdeckungen vergrößert, sie so verwirrt, daß sie alle Hoffnung verlieren, die wahre Ursache derselben jemals zu ergründen. So viel sehen sie wohl ein, daß eine feine Materie, welche sie die elektrische Materie nennen, dabey am meisten wirksam ist, aber sie sind so wenig im Stande ihre Natur und ihre Eigenschaften zu bestimmen, daß dadurch in der Hauptsache so viel wie nichts gewonnen wird.

Es ist wohl keinem Zweifel unterworfen, daß man die Quelle aller elektrischen Erscheinungen in einer feinen flüssigen Materie suchen muß; aber wir brauchen eine solche Materie nicht erst zu erdichten. Der Aether, diese feine Materie, deren Wirklichkeit ich Ew. H. schon zu einer andern Zeit bewiesen

habe, *) ist hinreichend, auch die auffallendsten elektrischen Erscheinungen auf die natürlichste Weise zu erklären. Ich hoffe Ew. H. diese ganze Sache so deutlich zu machen, daß keine noch so wunderbare Wirkung der Elektrizität übrig seyn wird, deren Erklärung Ew. H. in Verlegenheit setzen sollte.

Alles kommt hier darauf an, daß man die Natur des Aethers recht kennet. Die Luft, die wir athmen, erstreckt sich nur bis zu einer gewissen Höhe über unsere Erde; je weiter von der Erde, desto dünner ist sie, und endlich verliert sie sich ganz. Ueber der Luft, kann man nicht sagen, daß es eine völlige Leere giebt, oder daß der ganze unermeßliche Raum zwischen den himmlischen Körpern vollkommen leer ist. Die Lichtstrahlen, die sich von allen Gestirnen nach allen Seiten verbreiten, sind, meiner Meinung nach, ein hinlänglicher Beweis, daß dieser Raum mit einer feinen Materie erfüllt ist. Denn die Behauptung einiger anderer Physiker, daß die Lichtstrahlen aus materiellen Theilen beständen, die von den leuchtenden Körpern selbst fortgeschleudert würden, hat in meinen Augen zu viel Unwahrscheinlichkeit, als daß ich ihr beystimmen könnte. Mir

*) Bewiesen hat Euler das Daseyn des Aethers nie; daß er aber seine Theorie des Lichts darauf gründet, werden sich die Leser noch aus dem ersten Bande dieser Briefe erinnern. A. d. U.

scheinen die Strahlen auf eine ähnliche Weise durch den Aether fortgepflanzt zu werden, wie der Schall vermittelst der Luft; und folglich muß der Aether alle Räume zwischen den himmlischen Körpern erfüllen.

Der Aether ist also von der Beschaffenheit, daß Lichtstrahlen in ihm erzeugt und fortgepflanzt werden können, und eben diese Eigenschaft setzt uns in den Stand, seine Natur etwas näher kennen zu lernen. Wir dürfen nur sehen, was für Eigenschaften es sind, welche die Luft zur Fortpflanzung des Schalls geschickt machen. Es ist aber bekannt, daß dieß keine andern sind, als ihre Elastizität oder Federkraft. Ew. H. wissen, daß die Luft die Kraft hat sich nach allen Seiten auszudehnen, und daß sie sich wirklich ausdehnt, sobald alle Hindernisse weggeräumt werden. Sie befindet sich nur alsdenn in Ruhe, wenn ihre Elastizität überall gleich ist; und dehnt sich den Augenblick aus, wenn diese irgendwo größer oder geringer ist. Die Erfahrung lehrt uns auch, daß, je mehr man die Luft zusammendrückt, ihre Elastizität desto größer wird, und im Gegentheil, je mehr man sie verdünnt oder ausdehnt, diese desto mehr abnimmt.

So wie die Fortpflanzung des Schalles überhaupt in der Elastizität der Luft ihren Grund hat, so hängt die größere oder geringere Geschwindigkeit

desselben von dem stärkern oder schwächern Grad dieser Elastizität und von der Dichtigkeit der Luft ab. Wäre die Elastizität der Luft größer und ihre Dichtigkeit bliebe dieselbe, so würde die Geschwindigkeit des Schalles zunehmen; und eben das würde geschehen, wenn die Luft dünner oder weniger dicht, und ihre Elastizität die nehmliche wäre. Ueberhaupt, je elastischer und je feiner zu gleicher Zeit ein solches Mittel ist, wie die Luft, desto schneller werden die in ihm hervorgebrachten Schwingungen fortgepflanzt. Da nun die Geschwindigkeit des Lichts ungleich größer ist, als die Geschwindigkeit des Schalles, so muß auch der Aether viele tausendmal elastischer und feiner als die Luft seyn.

Der Aether unterscheidet sich also von der Luft durch eine unendlich größere Elastizität und Feinheit; übrigens ist er, so wie sie, eine flüssige Materie, die der Verdichtung eben so wohl, als der Verdünnung fähig ist. Aus diesen Eigenschaften werden sich alle elektrischen Erscheinungen ohne Schwierigkeit erklären lassen. Den 22. Jun. 1761.

Hundert und ein und dreyßigster Brief.

Da der Aether eine der Luft ähnliche Materie, nur von ungleich größerer Feinheit und Elastizität ist, so kann er nicht anders in Ruhe seyn, als wenn seine Elastizität überall gleich ist. Sobald er an einem Ort elastischer wird als an dem andern, (und dieß geschieht, wenn er dort stärker zusammengedrückt wird,) sobald fängt er an sich auszudehnen, und die benachbarten Theile so lange zusammenzudrücken, bis er durchgehends einen gleichen Grad von Elastizität erlangt hat. Alsdann, sagt man, ist er im Gleichgewicht; denn unter diesem Wort versteht man nichts anders, als den Zustand der Ruhe, der aus der Gleichheit der einander entgegen wirkenden Kräfte entspringt.

Wenn sich also der Aether nicht im Gleichgewicht befindet, so wird eben das geschehen, was sich bey der Luft ereignet, wenn ihr Gleichgewicht aufgehoben ist; er wird sich von dem Ort, wo seine Elastizität stärker ist, nach demjenigen ausbreiten, wo sie schwächer ist; er wird dieß mit einer viel größern Schnelligkeit thun, als die Luft, da seine Elastizität und Feinheit so vielmal größer sind. Bey der Luft verursacht der Mangel des Gleichgewichts den Wind; es wird also auch ein Wind, nur von feine-

rer Art, entstehen, wenn das Gleichgewicht des Aethers gestört wird; das heißt, diejenigen Theile dieser feinen Materie, welche mehr zusammengedrückt und elastischer sind, werden dahin dringen, wo die Theile eine geringere Elastizität haben.

Dieß vorausgesetzt, darf ich behaupten, daß alle Erscheinungen der Elektrizität eine natürliche Folge von der Störung des Gleichgewichts unter den verschiedenen Theilen des Aethers sind: überall, wo das Gleichgewicht des Aethers aufgehoben wird, müssen sich elektrische Erscheinungen zeigen; und folglich ist die Elektrizität nichts anders als eine Störung in dem Gleichgewicht des Aethers.

Um alle Wirkungen der Elektrizität zu begreifen, muß man zuerst bemerken, auf welche Art der Aether mit den uns ungebenden Körpern vermischt und verbunden ist. Wir treffen ihn auf unserer Erde nur in den kleinen Zwischenräumen oder Poren an, die sich, wie wir wissen, in der Luft und allen übrigen Körpern befinden. Nichts ist natürlicher, als daß er, bey seiner außerordentlichen Feinheit und Elastizität, auch in die kleinsten Zwischenräume der Körper, in welche die Luft nicht kommen kann, ja in die Zwischenräume der Luft selbst, hineindringt; und da, nach den überzeugendsten Versuchen, diese Zwischenräume einen größern Raum, als die festen Theile, einnehmen, so sehen wir, daß der Aether,

wenn er gleich nur in den Poren der Körper enthalten ist, doch in sehr großer Menge auf der Erde vorhanden seyn muß.

Ferner werden Ew. H. leicht zugeben, daß die Poren, nach Verschiedenheit der Körper, sowohl in Ansehung ihrer Größe als ihrer Gestalt sehr verschieden seyn müssen. Es wird also ohne Zweifel Poren geben, die sehr enge sind und wenig Gemeinschaft unter einander haben, die daher den Aether, der einmal in ihnen eingeschlossen ist, länger zurückhalten, und nur sehr schwer herauslassen, wenn gleich seine Elastizität viel größer ist, als in den benachbarten Poren. Im Gegentheil wird es andere geben, die weiter sind und dem Aether einen freyen Durchgang gestatten; in diesen, ist es klar, wird er sich leicht hin und her bewegen können, und sich bald wieder ins Gleichgewicht bringen, wenn er in einigen elastischer werden sollte, als in den andern.

Um diese beyden Arten von Poren zu unterscheiden, will ich die erstern verschlossene und die andern offene Poren nennen. Die meisten Körper haben Poren von einer mittlern Gattung, die wir mehr oder weniger verschlossen, und mehr oder weniger offen nennen wollen.

Nach diesen Vorinnerungen bemerke ich noch, daß, wenn alle Körper vollkommen verschlossene Poren hätten, es unmöglich wäre, die Elastizität des

in ihnen enthaltenen Aethers zu verändern; und selbst wenn er auch in einigen durch irgend eine Ursache eine größere Elastizität bekäme, so würde er sich doch nicht mit seinen übrigen Theilen ins Gleichgewicht setzen können, weil keine Gemeinschaft unter ihnen statt fände. In diesem Fall würde es eben so seyn, als ob sich der Aether in einem beständigen Gleichgewicht befände, und es würde keine elektrische Erscheinung möglich seyn.

Dasselbe würde geschehen, wenn die Poren aller Körper vollkommen offen wären; denn, wenn alsdann der Aether auch in einigen elastischer wäre als in den andern, so würde sich das Gleichgewicht in einem Augenblick und so geschwinde wieder herstellen, daß wir gar keine Veränderung wahrnehmen könnten.

Da aber die Poren der Körper weder vollkommen verschlossen, noch vollkommen offen sind, so wird es möglich seyn, das Gleichgewicht des in ihnen enthaltenen Aethers aufzuheben; und wenn dieß geschehen ist, es mag seyn, durch welche Ursache es wolle, so kann es nicht fehlen, daß sich das Gleichgewicht wieder herstellen wird: aber es geschieht nicht in einem Augenblick, sondern nach und nach, und dieß macht denn, daß gewisse Erscheinungen entstehen, von welchen Ew. H. zu Ihrer völligen Befriedigung sehen werden, daß es gerade

dieselben sind, welche uns die elektrischen Versuche zeigen. Alsdenn werden Sie gestehen, daß die Grundsätze, auf welche ich die Theorie der Elektrizität gründe, sehr einfach und ganz unläugbar sind.

Den 27. Jun. 1761.

Hundert und zwey und dreyßigster Brief.

Ich hoffe jetzt die größten Schwierigkeiten in der Theorie der Elektrizität überstiegen zu haben. Ew. H. dürfen sich nur an den Begriff des Aethers halten, den ich in den vorhergehenden Briefen festgesetzt habe, daß es nehmlich eine außerordentlich feine und elastische Materie ist, die nicht nur alle leeren Räume der Welt erfüllt, sondern auch die kleinsten Poren aller Körper durchdringt, in welchen sie bald mehr, bald weniger zusammengehalten wird, je nachdem die Poren mehr oder weniger verschlossen sind. Diese Betrachtung führt uns auf zwey Hauptgattungen von Körpern, wovon die eine engere oder verschlossenere, die andere weitere oder offenere Poren hat.

Wenn es sich nun zuträgt, daß der in den Poren der Körper eingeschlossene Aether nicht durchaus denselben Grad von Elastizität besitzt, sondern daß

er an einigen Stellen mehr oder weniger zusammengedrückt ist, als an den andern, so wird er ein Bestreben haben, sich ins Gleichgewicht zu setzen; und daraus entspringen eben die elektrischen Erscheinungen, die folglich desto mannigfaltiger seyn werden, je mannigfaltiger die Poren sind, in welchen der Aether enthalten ist, und je nachdem sie diesem einen mehr oder weniger freyen Durchgang gestatten.

Was ich hier von dem Unterschied der Körper in Ansehung ihrer Poren sage, das stimmt vollkommen mit dem überein, was wir aus den ersten Erscheinungen der Elektrizität wahrnehmen. Einige Körper, haben Ew. H. gesehen, werden durch Mittheilung oder durch Annäherung eines elektrisirten Körpers leicht elektrisch, andere hingegen leiden dadurch fast gar keine Veränderung. Hieraus kann man mit Recht schließen, daß die erstern zu den Körpern gehören, deren Poren offen sind; die andern aber entweder ganz oder größtentheils verschloßne Poren haben.

Die elektrischen Erscheinungen geben es uns also selbst zu erkennen: welche Körper offne und welche verschlossene Poren haben. Ich will einige der vornehmsten Körper aus beyden Klassen anführen.

Zuerst hat die Luft, die wir athmen, fast ganz verschlossene Poren, so daß der Aether eben so viel Schwierigkeit findet in sie hineinzudringen, als, wenn

er einmal hineingedrungen ist, wieder herauszukommen. Wenn daher der in der Luft enthaltene Aether nicht im Gleichgewicht mit dem übrigen Aether steht, so kann die Wiederherstellung des Gleichgewichts nicht in einem Augenblick, sondern nur nach und nach und sehr schwer geschehen. Doch ist dieß allein von der trockenen Luft zu verstehen, denn die Feuchtigkeit ist von einer ganz verschiedenen Natur, wie ich gleich bemerken werde.

Ferner gehören zu dieser Klasse der Körper mit verschlossenen Poren das Glas, das Pech, die harzichten Körper, das Siegellack, der Schwefel und vorzüglich die Seide. Diese Körper haben so enge Poren, daß der Aether nur mit großer Schwierigkeit hinein- und herauskommen kann.

Die andere Klasse von Körpern begreift vornehmlich das Wasser und alle übrigen feuchten Körper unter sich. Daher verändert selbst die Luft, wenn sie feucht wird, ihre Natur in Ansehung der Elektrizität gänzlich, und der Aether kann sich alsdenn ohne Schwierigkeit in ihren Poren hin und her bewegen. In dieselbe Klasse von Körpern mit offenen Poren gehören auch die thierischen Körper und die Metalle.

Die übrigen Körper, z. B. das Holz, verschiedene Stein- und Erdarten, stehen zwischen jenen

beyden Hauptklassen gleichsam in der Mitte, und der Aether kann sich bey einigen von ihnen mit grösserer, bey andern mit geringerer Leichtigkeit durch die Poren hindurch bewegen.

Nach diesen Bemerkungen über die verschiedene Beschaffenheit der Körper in Rücksicht auf den Aether, die in ihnen enthalten ist, wird es mir nicht schwer seyn, Ew. H. zu zeigen, wie sich alle, selbst die wunderbarsten Erscheinungen der Elektrizität, sehr natürlich daraus herleiten lassen.

Alles hängt hier von der ungleichen Elastizität des in den Poren der Körper verbreiteten Aethers ab; denn so bald das Gleichgewicht desselben aufgehoben ist, so bald wird er ein Bestreben haben, es wieder herzustellen. Er wird suchen, aus denjenigen Poren, wo er mehr zusammengedrückt ist, herauszukommen, und in diejenigen hineinzudringen, die einen weniger elastischen Aether enthalten, so lange bis er überall denselben Grad von Elastizität erreicht hat, und sich folglich im Gleichgewicht befindet.

Wenn nun der Aether aus einem Körper, wo er mehr zusammengedrückt ist, in einen andern überströmt, so setzt ihm die zwischen beyden befindliche Luft große Hindernisse entgegen, weil ihre Poren fast ganz verschlossen sind. Unterdessen dringt er doch durch sie hindurch, da sie eine so feine und dünne

Mate-

Materie ist, wenn anders seine Kraft zu geringe, oder der Abstand beyder Körper zu groß ist. Da aber dieser Uebergang mit einer gewissen Anstrengung und Gewaltsamkeit verbunden ist, so wird hier eben das geschehen, was wir bey der Luft bemerken, wenn sie mit Heftigkeit durch eine kleine Oeffnung getrieben wird: man hört alsdenn ein Gezisch, welches ein Zeichen ist, daß die Luft in eine Erschütterung gesetzt ist, wodurch dieser Ton hervorgebracht wird.

Es ist also sehr natürlich, daß wenn der Aether gezwungen wird, durch die engen Poren der Luft zu gehen, er auch in eine Art von Erschütterung gerathen wird. So wie aber eine Erschütterung der Luft den Schall hervorbringt, so bringt eine ähnliche Erschütterung des Aethers das Licht hervor; so oft also der Aether aus einem Körper in einen andern übergeht, so muß sich bey seinem Durchgang durch die Luft ein Licht zeigen, das bald wie ein Funke, bald wie ein Strahl erscheint, je nachdem die Menge des überströmenden Aethers kleiner oder größer ist.

Und so haben wir einen sehr merkwürdigen Umstand, der die meisten elektrischen Erscheinungen begleitet, mit völliger Klarheit aus unsern Grundsätzen erläutert. Ich werde nun zu einer weitern Auseinandersetzung und Erklärung der übrigen Merk-

würdigkeiten in dieser Sache fortgehen, die mir einen sehr angenehmen Stoff zu mehrern Briefen verschaffen werden. Den 30. Jun. 1761.

Hundert und drey und dreyßigster Brief.

Ew. H. werden aus dem, was ich gesagt habe, leicht einsehen, daß ein Körper elektrisch werden muß, wenn der in seinen Poren enthaltene Aether mehr oder weniger elastisch wird, als der in den benachbarten Körpern eingeschlossene. Dieß geschieht alsdann, wenn man die in ihm befindliche Menge von Aether vermehrt oder vermindert. Im erstern Fall wird er mehr zusammengedrückt und folglich elastischer werden; im letztern wird er dünner, und seine Elastizität dadurch geschwächt; in beyden aber ist er mit dem äußern Aether nicht im Gleichgewicht, und indem er sich bemüht dieses wieder herzustellen, bringt er die elektrischen Erscheinungen hervor.

Ein Körper kann also auf eine doppelte Art elektrisch werden, je nachdem der in seinen Poren eingeschlossene Aether eine größere oder geringere Elastizität, als der äußere Aether, hat. Hieraus entspringen zwey verschiedene Arten von Elektrizität: die

eine, wo der Aether elastischer oder stärker zusammengedrückt ist, heißt die positive Elektrizität; die andere, wo er weniger elastisch oder dünner ist, nennt man die negative Elektrizität. Beyde zeigen fast die nehmlichen Erscheinungen, und man bemerkt unter ihnen nur einen kleinen Unterschied, von welchem ich in der Folge reden werde.

Die Körper sind nicht von Natur elektrisch, da der Aether sich vermöge seiner Elastizität beständig im Gleichgewicht zu erhalten strebt. Immer sind es gewaltsame Wirkungen, die das Gleichgewicht stören und die Körper elektrisch machen; und zwar müssen diese Wirkungen auf Körper mit verschlossenen Poren geschehen, damit das Gleichgewicht, wenn es einmal aufgehoben ist, sich nicht den Augenblick wieder herstellt. Daher sehen wir, daß man sich des Glases, des Bernsteins, des Siegellacks oder des Schwefels bedient, um die Elektrizität zu erregen.

Das leichteste und bekannteste Mittel die Elektrizität in diesen Körpern zu erregen ist das Reiben. Es ist schon eine alte Erfahrung, daß, wenn man eine Stange Siegellack mit einem wollenen Zeuge reibt, sie kleine Stückchen Papier und andere leichte Körper anzieht. Dieselbe Eigenschaft besitzt auch der Bernstein, an welchem sie schon die alten Griechen bemerkt haben, und da diese den Bernstein

Elektron nannten, so hat die Elektrizität von ihm ihren Namen erhalten.

Dieses Anziehen leichter Körper rührt unstreitig daher, daß das Gleichgewicht des Aethers durch das Reiben aufgehoben ist. Es ist also billig, daß ich mit der Erklärung dieser so gemeinen Erfahrung anfange. Der Bernstein und das Siegellack haben ziemlich verschlossene Poren; hingegen die Poren der Wolle sind ziemlich offen. Während des Reibens werden die Poren von beyden zusammengedrückt, und der in ihnen enthaltene Aether erlangt einen höhern Grad von Elastizität. Je nachdem sich nun die Poren der Wolle leichter oder schwerer zusammendrücken lassen, je nachdem wird ein Theil ihres Aethers in den Bernstein, oder umgekehrt aus dem Bernstein in die Wolle übergehen. Im ersten Fall wird der Bernstein positiv elektrisch, im zweyten negativ; und da seine Poren verschlossen sind, so wird er sich eine Zeitlang in diesem Zustand erhalten; hingegen kehrt die Wolle, ungeachtet sie eine ähnliche Veränderung erfahren hat, ihrer weiten Poren wegen, sogleich in ihren natürlichen Zustand zurück.

Aus den Erscheinungen, die ein solches elektrisches Siegellack darstellt, schließt man, daß seine Elektrizität negativ ist, und daß folglich ein Theil seines Aethers während des Reibens in die Wolle übergegangen ist. Ew. H. sehen also, daß das Sie-

gellack durch das Reiben mit der Wolle seines Aethers zum Theil beraubt, und dadurch elektrisch gemacht wird. Nun lassen Sie uns sehen, was für Wirkungen daraus entstehen müssen, und ob sie mit denjenigen übereinstimmen, die man wirklich bemerkt.

Es stelle AB (10. Fig.) eine Stange Siegellack vor, der man durchs Reiben einen Theil ihres Aethers geraubt hat. Da der noch übrig gebliebene Theil weniger zusammengedrückt ist, so wird er auch weniger Kraft sich auszudehnen, oder weniger Elastizität haben, als der, welcher sich in den benachbarten Körpern und der angrenzenden Luft befindet. Die Poren der Luft aber sind noch mehr verschlossen, als die Poren des Siegellacks, und dieß verhindert, daß der in der Luft befindliche Aether nicht in das Siegellack überströmen kann, um das Gleichgewicht wieder herzustellen; wenigstens wird dazu eine beträchtliche Zeit erfordert.

Nun halte man aber an diese Stange einen kleinen sehr leichten Körper C, dessen Poren offen sind: so wird der darin enthaltene Aether, da er einen freyen Ausgang findet, und eine größere ausdehnende Kraft als der in der gegenüber liegenden Stange c eingeschlossene Aether hat, plötzlich herausströmen, und sich mitten durch die Luft einen Weg bahnen, und in das Siegellack hineindringen, wenn

anders ihre Entfernung nicht zu groß ist. *) Indessen wird dieses Eindringen nicht ohne viele Schwie-

*) Es ist in der That schwer zu begreifen, wie die verminderte Elastizität des Aethers in dem Siegellack die geringste Veränderung in dem Aether des Körpers C hervorbringen soll, da dieser überall von Luft umgeben ist, deren Aether mit dem seinigen völlig im Gleichgewicht steht. Nimmt die Elastizität des Aethers in dem Siegellack ab, so kann dieß zwar in dem zunächst angrenzenden Aether der Luft das Bestreben erzeugen sich auszudehnen, und in das Siegellack hineinzudringen; wenn dieser aber durch die besondere Beschaffenheit der Poren der Luft daran verhindert wird, so bleibt er so elastisch wie vorher, und wirkt also auf den übrigen Aether der Luft und der in ihr befindlichen Körper immer mit derselben Stärke; folglich kann jene Verminderung der Elastizität des Aethers in dem Siegellack keinen Einfluß auf den Aether der weiter entfernten Körper haben; mithin kann in diesem auch kein Bestreben entstehen, ins Siegellack überzugehen. Und endlich wie ist es moglich, daß der Aether des Körpers C eine mehrere Linien dicke Luftschicht durchbricht, da er in der Luft selbst enthaltene zunächst an das Siegellack grenzende Aether nicht durch die allerdünnste Luftschicht dringen soll? Ich wünsche die Leser bey Zeiten auf die Mängel einer Theorie aufmerksam zu machen, die sich zwar durch eine anscheinende Leichtigkeit und Simplizität empfiehlt, die aber zur Erklärung der wichtigsten elektrischen Erscheinungen bey weitem unzulänglich ist. A. d. U.

rigkeit geschehen, da die Poren des Siegellacks nur eine sehr enge Oeffnung haben; und daher wird der Aether auch nicht so sehr dabey erschüttert, daß er merkliches Licht erzeugen könnte. Man wird im Dunkeln nur einen schwachen Schimmer sehen, wenn die Elektrizität recht stark ist.

Man bemerkt hier aber noch eine andere Erscheinung, die nicht wenig auffallend ist: man sieht nehmlich den kleinen Körper C an das Siegellack hinan springen, als wenn er dahin gezogen würde. Um die Ursache hiervon einzusehen, dürfen Ew. H. nur erwägen, daß der kleine Körper C in seinem natürlichen Zustande von der ihn umgebenden Luft auf allen Seiten gleich stark gedrückt wird; in dem Zustand aber, worin wir ihn hier annehmen, strömt der Aether aus ihm heraus, und dringt nach der Richtung Cc durch die Luft; mithin wird diese von der Seite cC weniger, als vorher, auf den kleinen Körper drücken, und dadurch verursachen, daß er nach c getrieben wird, gerade so, als ob er dahin gezogen würde. *)

So läßt sich das Anziehen der Körper, welches man bey den elektrischen Erscheinungen bemerkt, auf

*) Diese Erklärung wird, andere Einwürfe zu geschweigen, schon durch den einzigen widerlegt, daß das elektrische Anziehen und Zurückstoßen auch im luftleeren Raume statt findet. A. d. U.

eine einleuchtende Art erklären. Doch dieß sind nur noch schwache Wirkungen der Elektrizität. Ich werde in der Folge das Vergnügen haben, Ew. H. mit glänzendern Erscheinungen bekannt zu machen.
Den 4. Jul. 1761.

Hundert und vier und dreyßigster Brief.

Durch das Reiben des Siegellacks oder Bernsteins bringen wir nur schwache elektrische Erscheinungen zuwege; und es ist noch nicht lange, daß man angefangen hat, die Versuche weiter zu treiben. Zuerst bediente man sich einer Glasröhre, wie die Barometerröhren sind, nur von einem viel größern Durchmesser; diese rieb man mit der bloßen Hand oder mit einem Stück wollenen Zeugs, und da bemerkte man gleich eine viel stärkere Elektrizität.

Ew. H. wissen nun schon, daß durch das Reiben ein Theil des Aethers entweder aus dem Glase in den reibenden Körper oder in die Hand, oder aus dieser in das Glas getrieben wird, je nachdem die Poren des einen oder des andern Körpers sich leichter zusammendrücken lassen. Wenn aber dieses geschehen ist, so wird sich der Aether in der Hand leicht wieder ins Gleichgewicht setzen, weil ihre Po-

ren offen sind. Hingegen bey dem Glase sind die Poren hinlänglich verschlossen, und daher erhält er sich hier eine Zeitlang in seinem Zustande, er mag nun mehr zusammengepreßt und verdichtet, oder mehr ausgedehnt und verdünnt seyn. Das Glas wird also elektrisch seyn, und ähnliche, aber nur stärkere Erscheinungen, wie das Siegellack, hervorbringen, weil seine Elektrizität, theils wegen des größern Umfangs der Röhre, theils wegen der Natur des Glases selbst, zu einem viel höhern Grade getrieben werden kann.

Die Versuche lassen uns schließen, daß die Glasröhre auf diese Weise mehr Aether empfängt, als sie im natürlichen Zustande hat, da im Gegentheil das Siegellack von seinem natürlichen Antheil verliert. Inzwischen sind die Erscheinungen bey beyden wenig unterschieden.

Die Glasröhre behält ihre Elektrizität, so lange sie von der Luft allein umgeben ist, weil so wohl ihre eigenen Poren, als die Poren der Luft zu enge sind, um dem Aether einen Uebergang zu gestatten. Doch wird dazu erfordert, daß die Luft recht trocken sey, weil nur alsdann ihre Poren gehörig verschlossen sind; so bald sie feucht oder mit Dünsten erfüllt ist, gelingen die Versuche nicht, man mag das Glas auch noch so sehr reiben. Die Ursache davon ist sehr deutlich; denn da das Wasser, welches die Luft feucht macht, sehr weite Poren hat, so nimmt es

beständig den Aether auf, den das Glas zu viel hat, und folglich bleibt dieses in seinem natürlichen Zustande. Die Versuche gelingen also nur in einer recht trocknen Luft; und nun wollen wir sehen, was für Erscheinungen eine wohl geriebene Glasröhre in einer solchen Luft hervorbringen muß.

Es ist klar, daß, wenn man einen kleinen leichten Körper C (10. Fig.) mit offenen Poren gegen die Röhre hält, der Aether der Glasröhre wegen seiner größern Elastizität sich nicht vergebens bemühen wird, an der benachbarten Stelle c heraus zu brechen, und in die Poren des Körpers C überzugehen. Er wird sich durch die Luft einen Weg bahnen, wenn anders die Entfernung nicht gar zu groß ist, und im Dunkeln wird man zwischen der Röhre und dem Körper ein Licht gewahr werden, das durch die Erschütterung des Aethers entsteht, indem er mit einer gewissen Heftigkeit aus der Röhre in den Körper übergeht. Hält man anstatt des Körpers C den Finger hinan, so fühlt man ein Stechen, das durch das schnelle Einströmen des Aethers verursacht wird; und nähert man sich der Röhre mit dem Gesicht, so bemerkt man eine gewisse Bewegung in der Luft, die gleichfalls von dem Durchströmen des Aethers herrührt. Diese Erscheinungen sind bisweilen noch mit einem leisen Knistern verbunden, das ohne Zweifel von einer Erschütterung herkommt,

die durch die schnelle Bewegung des Aethers in der Luft entsteht.

Ew. H. dürfen sich nur erinnern, daß eine Erschütterung in der Luft allezeit einen Schall, und eine ähnliche Bewegung des Aethers ein Licht hervorbringt; so wird die Erklärung dieser Erscheinung Ihnen nicht schwer seyn.

Wir wollen wieder den kleinen Körper C in die Nähe unserer elektrischen Röhre bringen: während daß der Aether aus dieser in die Poren des Körpers übergeht, treibt er die Luft zum Theil aus dem Wege, und macht, daß sie von dieser Seite nicht so stark auf den Körper drückt, als von allen übrigen; folglich wird hier eben das geschehen müssen, was bey dem Siegellack geschah, nehmlich der Körper C wird gegen die Röhre getrieben werden, und da er leicht ist, sich ihr wirklich nähern. Man sieht daraus, daß diese scheinbare Anziehung eben so wohl Statt hat, wenn der Aether in der Röhre eine grössere, als wenn er eine geringere Elastizität hat, oder wenn die Röhre positiv, als wenn sie negativ elektrisch ist. In beyden Fällen ist der Druck der Luft die Ursache davon. *)

*) Auch hier gelten dieselben Erinnerungen, die schon bey dem vorigen Briefe gegen diese Erklärung gemacht worden sind. A. d. U.

Indem sich aber der kleine Körper C der Röhre nähert, wird der Zufluß des Aethers stärker, und der Körper wird bald so sehr damit überladen werden, als die Röhre selbst. Alsdann hört die Wirkung des Aethers, die blos von seiner größern Elastizität herrührte, gänzlich auf, und der Körper erleidet wieder von allen Seiten einen gleichen Druck; mithin hört die Anziehung auf, und er entfernt sich von der Röhre, weil ihn hier nichts mehr zurückhält, und seine eigene Schwere ihn in Bewegung setzt. *) So bald er sich aber entfernt, vertheilt sich sein überflüssiger Aether in die Luft, da seine Poren offen sind, und er kehrt in seinen natürlichen Zustand zurück. Alsdann wird die Röhre von neuem, wie vorhin, auf ihn zu wirken anfangen, und er wird sich ihr wieder nähern; so daß es scheint, als ob er abwechselnd angezogen und abgestoßen würde. Dieses Spiel wird so lange dauern, bis die Röhre

*) Man darf das elektrische Zurückstoßen nur einmal gesehen haben, um sogleich das Unrichtige dieser Erklärung zu bemerken. Durch seine eigene Schwere würde der Körper sich blos nach unten bewegen, durch die elektrische Röhre aber kann er nach allen Seiten, aufwärts so gut als unterwärts, getrieben werden. Euler sucht daher diese Erklärung selbst im folgenden Briefe zu verbessern, aber auch nach der Verbesserung bleibt sie unbefriedigend. A. d. U.

ihre Elektrizität verloren hat. Denn da sie außer dem Aether, der unmerklich aus ihr in die Poren der Luft übergeht, bey jeder Anziehung einen Theil von ihrem Ueberfluß verliert, so wird sie bald in ihren natürlichen Zustand zurückkehren, und der Aether ins Gleichgewicht kommen; und dieß wird um so eher erfolgen, je kleiner die Röhre und je leichter der Körper C ist: alsdann werden alle Erscheinungen der Elektrizität aufhören. Den 7. Jul. 1761.

Hundert und fünf und dreyßigster Brief.

Beynahe hätte ich vergessen eines sehr wesentlichen Umstandes zu gedenken, der bey allen positiv- und negativ-elektrischen Körpern statt findet, und der für die Erklärung der elektrischen Erscheinungen von großer Wichtigkeit ist.

Ob es gleich vollkommen richtig ist, daß die Luft sehr enge Poren hat, die dem eingeschlossenen Aether fast gar keine Gemeinschaft mit dem außerhalb befindlichen Aether gestatten, so leidet doch ihre Natur in der Nähe eines elektrischen Körpers einige Veränderung darin.

Lassen Sie uns zuerst einen negativ-elektrischen Körper, z. B. eine Stange Siegellack AB (11. Fig.) betrachten, die durchs Reiben eines Theils ihres Aethers beraubt ist. Der noch übrig gebliebene Aether in derselben wird also eine geringere Elastizität haben, als der Aether in der angrenzenden Luft; von diesem wird daher an den Stellen, wo die Luft die Stange berührt, wie z. B. in m, etwas weniges in die Poren des Siegellacks übergehen, und dadurch wird er selbst etwas von seiner Elastizität verlieren. Eben so wird aus den weiter entfernten Theilen der Luft, wie in n, etwas Aether in die zunächst liegenden Poren in m übergehen, und so fort, bis auf eine gewisse Entfernung, wo die Luft keine Veränderung weiter erleidet. Auf diese Weise wird die Luft rund um die Stange Siegellack herum, bis auf eine gewisse Entfernung, eines Theils ihres Aethers beraubt, und dadurch selbst elektrisch gemacht.

Der Theil der Luft, der auf diese Art an der Elektrizität der Stange Theil nimmt, wird die elektrische Atmosphäre genannt; und Ew. H. werden nun aus dem, was ich eben gesagt habe, sehen, daß ein jeder elektrischer Körper mit einer solchen Atmosphäre umgeben seyn muß. Denn wenn der Körper positiv-elektrisch ist, und folglich der in ihm befindliche Aether eine größere Elastizität

hat, wie dieß der Fall bey einer geriebenen Glasröhre ist, so wird von diesem Aether etwas weniges in die Poren der zunächst angrenzenden Luft übergehen; aus diesen wieder in die nächsten Lufttheilchen und so fort, bis auf eine gewisse Entfernung. Dadurch wird eine andere elektrische Atmosphäre um die Röhre entstehen, wo der Aether mehr zusammengedrückt, und folglich elastischer, als gewöhnlich, ist.

Es ist klar, daß diese Atmosphäre, welche die Körper umgiebt, nach und nach die Elektrizität derselben schwächen muß. Denn im erstern Fall geht fast beständig etwas Aether aus der umgebenden Luft in den elektrischen Körper über; und im letztern aus diesem in die umgebende Luft. Daher verlieren die elektrischen Körper endlich ihre Elektrizität; und zwar desto geschwinder, je weiter die Poren der Luft sind. In einer feuchten Luft, wo die Poren weit offen stehen, verschwindet die Elektrizität fast in einem Augenblick; hingegen bey recht trockner Luft erhält sie sich eine ziemliche Zeit.

Diese elektrische Atmosphäre bemerkt man sehr gut, wenn man den elektrisirten Körper nahe an das Gesicht hält; wo es einem nicht anders ist, als ob man in Spinneweben geriethe. Diese Empfindung wird durch den leichten Uebergang des Aethers verursacht, der entweder aus dem Gesicht in den

elektrischen Körper, oder umgekehrt, aus dem Körper in das Gesicht übergeht, je nachdem die Elektrizität negativ oder positiv ist.

Die elek' ische Atmosphäre dient auch zur deutlichern Erklärung jenes abwechselnden Anziehens und Zurückstoßens leichter Körper, von dem ich in meinem letzten Briefe gesprochen habe. Ew. H. werden wohl bemerkt haben, daß die Erklärung, die ich da von dem Zurückstoßen gegeben habe, noch mangelhaft war; aber diesem Mangel wird die elektrische Atmosphäre abhelfen.

Es stelle AB (11. Fig.) eine elektrisirte und folglich mit Aether überladene Glasröhre vor; C sey ein leichter Körper, dessen Poren in seinem natürlichen Zustand ziemlich weit sind; und die elektrische Atmosphäre erstrecke sich bis E. Da nun die um C befindlichen Lufttheile schon einen Aether von einer größern Elastizität enthalten, so wird dieser in die Poren des Körpers C eindringen; zugleich wird aus der Röhre neuer Aether herausströmen, und von D nach C gehen, indem eben die Atmosphäre diesen Uebergang vorzüglich erleichtert. *) Indem nun

*) Auch durch die elektrische Atmosphäre wird hier wenig gewonnen. Der Aether in dem Körper C kann sich nur mit dem Aether der ihn umgebenden Luft ins Gleichgewicht setzen, aber von dem Zustande des Aethers in der Glasröhre, von der er eben durch die

der

der Aether von D nach C übergeht, wird der Druck der Luft von dieser Seite vermindert; der Körper C wird also nicht mehr von allen Seiten gleich stark gedrückt, und folglich nach D getrieben, als wenn er dahin gezogen würde. Je mehr er sich aber der Röhre nähert, desto mehr wird er mit Aether überladen: und dadurch erlangt er eine eben so starke Elektrizität, als die Röhre selbst; folglich kann diese nicht weiter auf ihn wirken.

Allein da der kleine Körper, wenn er nach D gekommen ist, zu viel Aether und mehr, als die Luft in E enthält, so wird er sich bestreben zurückzufliehen, um sich seines Ueberflusses in E zu entladen. Die Atmosphäre oder die Elastizität des Aethers, die von D bis nach E immer abnimmt, wird diesen Rückgang erleichtern, und der überflüssige Aether wird wirklich aus dem kleinen Körper nach E fließen. Durch diesen Uebergang wird der Druck der Luft auf den kleinen Körper von dieser Seite schwächer, als von den übrigen Seiten seyn, und daher wird der Körper nach E getrieben, nicht anders als ob die Röhre ihn zurückstieße. So bald er aber nach E kommt, wird er von seinem überflüssigen Aether entladen, und dadurch wieder in seinen natürlichen Zustand gesetzt. Hierauf wird er von neuem gegen die

Luft und den in ihr befindlichen Aether getrennt ist, verspüret er nichts. A. d. U.

Röhre angezogen, und wenn er sie erreicht hat, aus demselben Grunde, den ich eben angeführt habe, wieder zurückgestoßen.

Es ist also vornehmlich die elektrische Atmosphäre, welche die sonderbare Erscheinung hervorbringt, daß eine elektrisirte Röhre kleine leichte Körper, wie z. B. kleine Stückchen Papier, wechselsweise anzieht und abstößt. Am besten gelingt dieser Versuch, wenn man kleine Streifen von Goldblättchen nimmt, weil das Metall sehr weite Poren hat.

Uebrigens sehen Ew. H., daß das, was ich von der positiven Elektrizität gesagt habe, auch bey der negativen statt findet; man darf sich den Gang des Aethers, durch welchen der natürliche Druck der Luft jederzeit vermindert werden muß, nur umgekehrt vorstellen. Den 11. Jul. 1761.

Hundert und sechs und dreyßigster Brief.

Nach den ersten Versuchen mit der Glasröhre hat man bald Mittel gefunden, wodurch man eine viel stärkere Elektrizität hervorzubringen im Stande ist. Anstatt der Röhre bedient man sich einer gläsernen Kugel, die man so einrichtet, daß sie sehr schnell umgedreht werden kann; und indem man die Hand oder ein Kissen von einer Materie mit offenen Poren daran hält, bewirkt man ein Reiben, wodurch die ganze Kugel elektrisch wird.

In der 12ten Figur sehen Sie eine solche Kugel G, die vermittelst eines ähnlichen Mechanismus, wie die Spule bey einem Spinnrade, sehr schnell um eine Achse AB herumgedreht werden kann. C ist das Kissen, welches so befestigt werden muß, daß sich die Kugel beym Herumdrehen gehörig daran reibe. Da nun die Poren des Kissens durch das Reiben mehr als die Poren des Glases zusammengedrückt werden, so wird der Aether gezwungen, aus jenen in diese hineinzudringen; er häuft sich also in dem Glase immer mehr und mehr an, da die offenen Poren des Kissens beständig neuen Aether zuführen, den sie, wenigstens zum Theil, den benachbarten Körpern entziehen; und auf diese Art kann die Kugel mehr mit Aether überfüllt werden, als eine bloße

Glasröhre. Auch sind hier die Wirkungen der Elektrizität ungleich beträchtlicher, und die Funken, die man beym Berühren gewahr wird, viel lebhafter; übrigens aber findet hier ebenfalls das wechselweise Anziehen und Abstoßen leichter Körper statt.

Man ist aber bey dieser Art von Versuchen, die ich Ew. H. bisher beschrieben habe, nicht stehen geblieben; durch Hülfe der elektrisirten Kugel hat man noch weit bewundernswürdigere Erscheinungen entdeckt.

Wenn die Kugel auf die vorhin erwähnte Art eingerichtet ist, daß sie um ihre Achse AB gedreht werden kann, so hängt man eine eiserne Stange FG über oder neben der Kugel auf, und leitet von der Stange gegen die Kugel eine Kette ED von Eisen oder einem andern Metall, an deren einem Ende D sich ein Büschel metallner Fäden befindet, der die Kugel berühret. Es ist gleichgültig, auf welche Art die Kette an die Stange befestigt wird; ja es ist schon hinreichend, wenn sie sie nur berührt. So bald man nun die Kugel umdreht, und durch das Reiben gegen das Kissen mit Aether überladet, so wird dieser, wegen seiner größern Elastizität, leicht in die metallenen Fäden D, deren Poren weit offen sind, übergehen; und sich von da durch die Kette DE in die eiserne Stange FG ergießen. So wird sich also durch Hülfe der Kugel der Aether, der dem

Kissen entzogen wird, nach und nach in der eisernen Stange anhäufen; dadurch wird diese elektrisch werden; und je länger man fortfährt zu drehen, desto mehr wird sich ihre Elektrizität verstärken.

Wäre die eiserne Stange noch mit andern Körpern, welche offene Poren haben, in Verbindung, so würde sie sogleich ihren überflüssigen Aether in diese ekgießen, und dadurch ihre Elektrizität verlieren; der aus dem Kissen gezogene Aether würde unter alle zusammen verbundene Körper vertheilt, und seine Elastizität wieder ins Gleichgewicht gebracht werden. Auf die Art würden alle elektrischen Erscheinungen aufhören. Um dieß zu verhindern, muß man die eiserne Stange nothwendig in solchen Materien aufhängen, oder durch solche Körper unterstützen, deren Poren gehörig verschlossen sind. Dergleichen sind das Glas, das Pech, der Schwefel, das Siegellack, die Seide. Man darf also nicht vergessen, die Stange entweder durch Säulen von Glas zu unterstützen oder sie auf Pech zu legen, oder sie in seidenen Schnüren oder Bändern aufzuhängen. Durch dieses Mittel wird sie vor dem Verlust des in ihr angehäuften Aethers gesichert, weil sie von allen Seiten mit Körpern umgeben ist, welche verschlossene Poren haben, die dem Aether fast gar keinen Durchgang gestatten. Man nennt die Stange in diesem Zustande isolirt, das heißt, von al-

len Körpern abgesondert, welche ihr ihre Elektrizität entziehen konnten. Unterdessen werden Ew. H. leicht urtheilen, daß es unmöglich ist, alles Ausströmen des Aethers ganz zu verhindern; und daher nimmt die Elektrizität der Stange nach und nach ab, und verliert sich endlich ganz, wenn man sie nicht durch das Umdrehen der Kugel beständig unterhält.

Die Elektrizität läßt sich also auf diese Art einer eisernen Stange mittheilen, die man sonst, ihrer weiten Poren wegen, auf keine Weise würde elektrisch machen können, wenn man sie auch noch so sehr reiben wollte. Ist sie aber einmal durch Mittheilung elektrisch geworden, so machen eben ihre weiten Poren, daß sie viel größere Wirkungen hervorbringt. Wenn man ihr den Finger oder einen andern Theil des Körpers nähert, so sieht man einen sehr glänzenden Funken herausfahren, der ein empfindliches Stechen verursacht. Ja ich erinnere mich einmal meinen Kopf gegen eine solche Stange gehalten zu haben, wo der Schlag mit einer solchen Heftigkeit durch Hut und Perücke ging, daß ich den Schmerz noch den folgenden Tag fühlte.

Diese Funken, die überall aus der Stange herausfahren, wo man einen Körper mit offenen Poren gegen sie hält, zünden Weingeist an, und tödten kleine Vögel, wenn man den Schlag durch den Kopf gehen läßt. Taucht man das andere Ende der

Kette DE in ein mit Wasser gefülltes isolirtes Gefäß, so wird alles darin befindliche Wasser elektrisch; und einige Schriftsteller versichern, ganze Teiche auf diese Art elektrisirt zu haben; so daß, wenn man die Hand gegen die Oberfläche des Wassers hielt, sehr stechende Funken herausfuhren. Aber mich dünkt, daß man die Kugel sehr lange würde drehen müssen, ehe man eine so große Menge Aether in eine so ungeheure Masse von Wasser hineinbrächte; überdieß — wohl zu merken! — müßte der Boden des Teichs und alles, was mit dem Wasser in Berührung steht, verschlossene Poren haben.

Wir sehen also, daß ein Körper eine desto stärkere Elektrizität annehmen, und desto größere Wirkungen hervorbringen kann, je weiter seine Poren sind; und Ew. H. werden mir zugeben, daß dieß alles mit den Grundsätzen, die ich gleich im Anfange aufgestellt habe, sehr genau übereinstimmt. Den 14. Jul. 1761.

Hundert und sieben und dreyßigster Brief.

So wie man die Elektrizität vermittelst einer Kette aus dem Glase in eine eiserne Stange leiten kann, so kann man sie auf eben diese Art auch in den Körper eines Menschen leiten, da alle thierischen Körper diese Eigenschaft mit den Metallen und dem Wasser gemein haben, daß ihre Poren offen sind. Hierzu wird aber erfordert, daß dieser Mensch keine andern Körper mit offenen Poren berühre.

Zu diesem Ende stellt man ihn auf ein großes Stück Harz oder Pech, oder man läßt ihn sich auf einen Stuhl mit gläsernen Füssen setzen, oder man hängt endlich den Stuhl in seidenen Schnüren auf, weil alles dieses Materien mit verschlossenen Poren sind, die den Aether, der durch das Elektrisiren in dem Körper des Menschen angehäuft wird, nicht durchlassen. *)

Diese Vorsicht ist durchaus nothwendig, denn wenn sich dieser Mensch auf die bloße Erde stellte, so würde der Aether, so wie er sich in seinem Körper verdichtete und eine größere Elastizität bekäme, so-

*) Gewöhnlicher Weise bedient man sich hierzu eines Bretts mit gläsernen Füssen, oder einer ziemlich dicken Scheibe von Pech oder Harz, worauf der Mensch, den man elektrisiren will, mit den Füssen tritt. A. d. U.

gleich in die Erde, deren Poren ebenfalls sehr offen sind, übergehen; man müßte also erst die ganze Erde mit Aether überladen, ehe der Mensch elektrisch würde. Aber Ew. H. sehen leicht ein, daß das Kissen, an welchem die Kugel gerieben wird, unmöglich eine so ungeheure Menge Aether hergeben kann, und wollte man ihn aus der Erde selbst ziehen, so würde man nichts damit gewinnen, weil man ihr von der einen Seite so viel nehmen würde, als man ihr von der andern gegeben hätte.

Wenn man also den Menschen, den man elektrisiren will, auf die vorbeschriebene Art gestellt hat, so darf man ihn nur die Glaskugel, während daß sie gedreht wird, mit der Hand berühren lassen; der in der Kugel aufgehäufte Aether wird dann leicht durch die offenen Poren der Hand gehen, und sich durch den ganzen Körper verbreiten; aus diesem aber wird er nicht so geschwinde herauskommen können, weil die Luft und die übrigen ihn umgebenden Körper verschlossene Poren haben. Anstatt die Kugel selbst mit der Hand zu berühren, ist es auch schon hinreichend, wenn er die Kette oder die eiserne Stange, der ich im vorigen Briefe gedacht habe, anfaßt. In diesem Fall aber muß nicht nur der Mensch, sondern auch die Kette und die Stange mit Aether überladen werden; und da hierzu eine größe-

re Menge Aether erfordert wird, so muß man die Kugel länger umdrehen.

Auf diese Weise wird der Mensch ganz elektrisch, oder sein ganzer Körper wird mit Aether überladen. Der Aether wird hier also stärker zusammengedrückt seyn und eine größere Elastizität haben, und daher mit Gewalt aus dem Körper herauszubrechen suchen.

Ew. H. werden leicht urtheilen, daß eine solche Operation eine merkliche Veränderung in dem Menschen hervorbringen muß. Unser Körper ist in seinen kleinsten Theilen ganz von Aether durchdrungen, und die feinsten Fibern, sowohl als die Nerven, sind so damit angefüllt, daß man ihn ohne Zweifel als die vornehmste Triebfeder der thierischen Bewegungen ansehen kann. *) Auch bemerkt man, daß der Puls eines elektrisirten Menschen geschwinder geht; der Schweiß tritt hervor, und die Bewegung der feinsten Flüssigkeiten des Körpers wird schneller. Man fühlt auch eine gewisse Veränderung durch den ganzen Körper, die sich nicht beschreiben läßt; daher ist man überzeugt, daß dieser Zustand einen großen Einfluß auf die Gesundheit hat, ob gleich die bisher angestellten Versu-

*) Ich darf wohl kaum erinnern, daß dieß blos Hypothese des Verfassers ist, der seinen Aether gern zum vornehmsten Agenten der gesammten Natur machen möchte, daß aber unsere besten Physiologen nichts davon wissen. A. d. U.

che noch nicht hinlänglich sind zu bestimmen, in welchen Fällen er heilsam oder nachtheilig ist. Es kann bisweilen gut seyn, daß das Blut und die übrigen Feuchtigkeiten in eine stärkere Bewegung gesetzt werden; man kann dadurch manche Arten von Verstopfungen heben oder verhüten, die gefährliche Folgen haben könnten; aber zuweilen kann es auch geschehen, daß eine allzustarke Bewegung der Gesundheit schädlich wird. Die Sache verdiente gewiß von den Aerzten genauer untersucht zu werden. Man spricht zwar von einigen sehr glücklichen Kuren, die durchs Elektrisiren bewirkt worden wären, aber man ist noch nicht im Stande die Fälle gehörig zu unterscheiden, wo man sich einen glücklichen Erfolg zu versprechen hat.*)

*) Gegenwärtig ist man auch hierin sehr viel weiter gekommen, und man nennt jetzt die Elektrizität in Ansehung ihres medizinischen Gebrauchs mit einem besondern Namen die medizinische Elektrizität. Vorzüglich haben sich die englischen Aerzte in dieser Sache großes Verdienst erworben; es sind von ihnen viele Schriften darüber vorhanden, worin nicht nur die Fälle, in welchen die Elektrizität mit Vortheil angewandt wird, sondern auch die Art der Behandlung genauer bestimmt sind. Ehemals pflegte man häufig starke Schläge anzuwenden, die das Uebel, dem sie abhelfen sollten, nicht selten verschlimmerten. Dadurch kamen die elektrischen Kuren in Mißkredit. In

Um auf unsern elektrisirten Menschen zurückzukommen, so ist es sehr merkwürdig, daß man ihn im Dunkeln mit einem Schein umgeben sieht, wie ungefähr die Maler um die Köpfe der Heiligen malen. *) Die Ursache davon ist leicht zu finden. Da aus dem Körper beständig etwas von dem überflüs-

der Folge aber fand man, daß das bloße Ausströmen oder schwache Funken und gelinde Schläge meistentheils von einer viel heilsamern Wirkung sind. Man hat nun eigene Instrumente dazu, die man Direktoren nennt. A. d. U.

*) Dieß ist sehr übertrieben. Gewöhnlicher Weise sieht man nichts von Schimmer oder Schein bey einem solchen Menschen. Bose, ein ehemaliger Wittenbergischer Professor, rühmte sich zwar, er hätte durch Hülfe großer Elektrisirkugeln einen solchen Nimbus um den Kopf hervorgebracht, und nannte diesen Versuch mit einem prächtigen Namen die elektrische Beatification oder elektrische Apotheose (Vergötterung). Aber als man darauf in England und Frankreich vergebens bemüht gewesen war den Versuch nachzumachen, und umsonst große Zurüstungen gemacht und viele Kosten angewandt hatte, gestand er endlich selbst, daß er die Sache ein bischen verschönert habe, und daß man den Kopf erst mit einem Helm, der mit metallischen Spitzen versehen wäre, bedecken müsse. Alsdann ist es eine sehr gemeine Erfahrung, daß das elektrische Licht aus den Spitzen herausströmen und einen Schein verursachen wird, — der aber auch noch weit von dem Heiligenschein entfernt bleibt. A. d. U.

sigen Aether herausströmt, und dieser in den verschlossenen Poren der Luft vielen Widerstand findet, so wird er dadurch in eine Erschütterung gesetzt, die der Ursprung alles Lichts ist, wie ich Ew. H. gezeigt habe.

Man bemerkt noch auffallendere Erscheinungen bey diesem Menschen: wenn man ihn anrührt, so sieht man nicht nur aus der berührten Stelle einen starken Funken herausfahren, sondern der Mensch empfindet dabey auch einen heftigen Schmerz; und derjenige, der ihn anrührt, vorausgesetzt, daß er nicht elektrisirt ist, empfindet ihn gleichfalls. Es könnte daher üble Folgen haben, wenn man ihn am Kopf oder an andern empfindlichen Theilen berühren wollte; denn es läßt sich leicht begreifen, daß es uns nicht einerley seyn kann, ob ein Theil von dem in unserm Körper befindlichen Aether herausströmt, oder ob neuer Aether hineindringt, besonders wenn es mit einer so großen Schnelligkeit geschieht.

Uebrigens wird durch die angeführte Erscheinung von dem Licht, mit dem man einen elektrisirten Menschen im Dunkeln umgeben sieht, dasjenige vortreflich bestätigt, was ich von der elektrischen Atmosphäre gesagt habe. Nunmehr werden Ew. H. keine Schwierigkeit haben, den größten Theil der elektrischen Erscheinungen, so verwickelt sie auch auf den

ersten Anblick scheinen mögen, zu erklären. Den 18. Jul. 1761.

Hundert und acht und dreyßigster Brief.

Ew. H. werden sich erinnern, daß nicht nur das Glas durchs Reiben elektrisch wird, sondern daß auch noch andere Materien, wie das Siegellack und der Schwefel, dieselbe Eigenschaft haben, weil ihre Poren gleichfalls verschlossen sind: man mag die Menge des in ihnen enthaltenen Aethers vermehren oder vermindern, so erhalten sie sich, so gut wie das Glas, eine Zeitlang in diesem Zustande, und das Gleichgewicht kann auch bey ihnen nicht den Augenblick wieder hergestellt werden.

Daher bedient man sich, statt der gläsernen Kugeln, auch der Kugeln von Siegellack oder Schwefel, die man auf eine ähnliche Art um eine Achse dreht, und dabey gegen ein Kissen reibt, wie die Glaskugeln. Dadurch werden diese Kugeln ebenfalls elektrisch, und wenn man eine eiserne Stange, vermittelst einer Kette, die sich in metallenen Fäden endigt, mit ihnen in Verbindung bringt, so theilt sich die Elektrizität alsbald der Stange mit, von

wo man sie alsdenn nach Belieben in andere Körper leiten kann.

Indessen zeigt sich hier ein sehr merkwürdiger Unterschied. Wenn man nehmlich eine gläserne Kugel auf die beschriebene Art elektrisch macht, so wird sie mit Aether überladen, und die eiserne Stange oder die andern Körper, die man mit ihr in Verbindung bringt, erlangen eine gleiche Elektrizität, das heißt, der Aether wird auch in ihnen mehr zusammengedrückt und dadurch elastischer. Diese Art der Elektrizität nennt man, wie ich schon gesagt habe, positive Elektrizität. Hingegen wenn man eine Kugel von Siegellack oder Schwefel auf dieselbe Weise elektrisirt, so entsteht daraus gerade eine entgegengesetzte Art von Elektrizität, die man negative Elektrizität nennt, weil man bemerkt hat, daß diese Kugeln durch das Reiben eines Theils ihres Aethers beraubt werden.

Ohne Zweifel wird es Ew. H. befremden, daß dasselbe Verfahren ganz entgegengesetzte Wirkungen hervorbringen kann; allein dieser Unterschied rührt von der Natur der reibenden und geriebenen Körper, und von der Festigkeit und Härte ihrer kleinsten Theilchen her. Um die Möglichkeit davon zu begreifen, darf man nur erwägen, daß, wenn zwey Körper sehr stark gegen einander gerieben werden, die Poren des einen gemeiniglich mehr zusammengedrückt wer-

den, als die Poren des andern, und folglich der Aether aus jenen gleichsam herausgepreßt, und in diese hineinzudringen gezwungen wird.

Wird nun eine gläserne Kugel durch ein Kissen gerieben, so werden die Poren des letztern stärker zusammengedrückt, mithin geht der Aether aus diesem in das Glas über, und bringt hier eine positive Elektrizität hervor, wie ich es bereits erklärt habe. Nimmt man aber anstatt des Glases Kugeln von Siegellack oder Schwefel, so verlieren diese durchs Reiben einen Theil ihres Aethers, weil ihre Poren sich leichter zusammendrücken lassen, als die Poren des Kissens, und also der Aether aus jenen in diese übergehen muß; daher werden diese Kugeln negativelektrisch.

Von eben der Art wird auch die Elektrizität seyn, welche eine Stange von Eisen oder einem andern Metall, die man mit einer solchen Kugel in Verbindung gebracht hat, erhält; ingleichen die Elektrizität, die dadurch einem Menschen mitgetheilt wird, den man vorher gehörig isolirt hat. Berührt man diesen Menschen, oder jeden andern Körper mit offenen Poren, der auf diese Weise elektrisirt worden ist, so bemerkt man ungefähr dieselben Erscheinungen, wie bey der positiven Elektrizität. Auch hier ist die Berührung mit einem Funken und einem Stechen von beyden Theilen verbunden. Die Ursache

davon

davon ist sehr klar: denn da der Aether, der hier aus den Körpern, die sich in ihrem natürlichen Zustande befinden, herausströmt, um in die elektrisirten Körper zu dringen, bey seinem Durchbruch dieselben Schwierigkeiten findet, wie bey einem positiv-elektrischen Körper, so wird auch eine ähnliche Erschütterung in ihm hervorgebracht werden, und dadurch Licht entstehen. Inzwischen nimmt man doch einen merklichen Unterschied in der Gestalt des Funkens wahr, je nachdem die Elektrizität positiv oder negativ ist.

Wenn nehmlich die Stange AB (13. Fig.) positiv-elektrisch ist, und man hält den Finger C dagegen, so erscheint das Licht, welches aus der Stange ausströmt, unter der Gestalt eines Büschels mn, und an dem Finger in p sieht man einen leuchtenden Punkt oder Stern.

Ist aber die Stange AB negativ-elektrisch, so ist die Erscheinung umgekehrt; man sieht alsdenn an dem Finger den Büschel, und an der Stange den leuchtenden Punkt oder Stern.

Dieß ist ein wichtiges Kennzeichen, wodurch man die positive und negative Elektrizität von einander unterscheidet. Wo der Aether herausströmt, da hat der Funke immer die Gestalt eines Büschels; wenn er aber in einen Körper hineindringt, so sieht der Funke nur wie ein leuchtender Punkt aus. Den 21. Jul. 1761.

Hundert und neun und dreyßigster Brief.

Ew. H. werden den Unterschied zwischen der positiven und negativen Elektrizität noch besser einsehen, wenn ich Ihnen zeige, wie man durch eine einzige Glaskugel beyde Arten hervorbringen kann. Dieß wird zu gleicher Zeit dazu dienen, über diese wunderbaren Erscheinungen der Natur noch mehr Licht zu verbreiten.

In dieser Absicht lassen Sie uns auf die 12. Figur zurücksehen. Ew. H. wissen, daß durch das Reiben gegen das Kissen C der Aether aus dem Kissen in das Glas geht, wo er stärker zusammengedrückt und mithin elastischer wird; von da wird er durch die metallenen Fäden D in die eiserne Stange FG geleitet; denn obgleich die Poren des Glases verschlossen sind, so häuft sich der Aether durch das Reiben so sehr darin an, daß er durch die metallnen Fäden einen Ausweg sucht, und sich in der Stange verbreitet; dadurch wird diese in gleichem Grade elektrisch gemacht.

Hieraus sehen Ew. H., daß aller dieser überflüssige Aether aus dem Kissen herkommt; dieses müßte also in kurzer Zeit ganz ausgeleert seyn, wenn es nicht mit dem Gestell der Maschine, und durch dieses mit der Erde in einer solchen Verbindung stän-

de, daß es beständig einen neuen Zufluß von Aether erhalten könnte, wodurch sein Verlust immer wieder ersetzt wird. Ruhte die ganze Maschine auf Füssen von Glas, oder hinge sie in seidenen Schnüren, so würden diese Körper, wegen ihrer verschlossenen Poren, die Gemeinschaft zwischen der Erde und den Kissen unterbrechen, und es könnte kein neuer Aether aus jener diesem zufließen; es würde daher in kurzem ganz erschöpft seyn, und die Elektrizität könnte weder in der Kugel noch in der Stange über einen gewissen Grad steigen, der kaum merklich seyn würde, wenn nicht anders das Kissen eine sehr beträchtliche Größe hätte. Man kann aber diesem Mangel dadurch abhelfen, daß man das Kissen auf eine schickliche Art mit einem großen Stück Metall verbindet, welches eine hinlängliche Menge Aether enthält, um der Kugel und der Stange so viel abzugeben, daß der Aether den gehörigen Grad von Verdichtung in ihnen erlangen kann. Dieses Metall muß aber gleichfalls durch Körper mit verschlossenen Poren von aller Gemeinschaft mit der Erde abgeschlossen seyn, weil es sonst so gut wäre, als ob man die Maschine nicht isolirt hätte.

Auf diese Weise wird die Kugel und die Stange eine positive Elektrizität erlangen, wie ich schon mehrmals bemerkt habe. Gerade so viel Aether aber, als sie erhalten, werden das Kissen und das Metall

verlieren, und dadurch negativ-elektrisch werden; und so haben wir hier beyde Arten von Elektrizität zu gleicher Zeit: die positive in der Kugel und in der Stange und die negative in dem Kissen und in dem Metall. Hält man nun den Finger gegen die Stange, so zeigt sich an dieser ein leuchtender Büschel, und an dem Finger ein leuchtender Punkt; hält man ihn aber gegen das Stück Metall, so sieht man an dem Finger den Büschel, und an dem Metall den leuchtenden Punkt.

Wir wollen uns einmal zwey isolirte Menschen vorstellen, von welchen der eine die Stange, und der andere das Metall anfaßt, während daß die Maschine gedreht wird: so ists klar, daß der erstere positiv- und der andere negativ-elektrisch werden, oder daß die natürliche Menge von Aether bey jenem vermehrt, bey diesem vermindert werden wird.

Hier haben wir also zwey Menschen, beyde durch dieselbe Maschine und zu gleicher Zeit elektrisirt, und doch auf eine ganz entgegengesetzte Weise. Beyde werden mit einer elektrischen Atmosphäre umgeben seyn, die im Dunkeln einen Schimmer machen wird; der Grund davon ist, daß aus dem Körper des einen der überflüssige Aether unmerklich in die umgebende Luft ausfließt; und in den Körper des andern der in der Luft enthaltene Aether unmerklich hineindringt. Dieser wenn gleich unmerkliche Uebergang

ist mit einer Erschütterung begleitet, welche Licht erzeugt.

Es ist gewiß, daß diese beyden Elektrizitäten gerade entgegengesetzter Natur sind, *) aber um sich noch mehr davon zu überzeugen, mögen sich diese beyden Menschen die Hand geben, oder einander nur berühren, so wird man sehr starke Funken heraus fahren sehen, und sie selbst werden einen heftigen Schmerz empfinden.

Wären diese Menschen auf gleiche Art elektrisch, — welches geschehen würde, wenn beyde die Stange oder das Stück Metall anfaßten — so könnten sie einander berühren, ohne daß der kleinste Funke oder der geringste Schmerz erfolgen würde; der Aether würde sich alsdann bey beyden in einem völlig gleichen Zustande befinden, da er vorher bey beyden in einem ganz verschiedenen Zustande war. Den 25. Jul. 1761.

*) Aus welchem Grunde man die beyden Arten der Elektrizität entgegengesetzte Elektrizitäten genannt, und sie durch die Ausdrücke positiv und negativ unterschieden hat, wird in der Folge angezeigt werden. A. d. U.

Hundert und vierzigster Brief.

In diesem Briefe werde ich Ew. H. mit einem sehr merkwürdigen elektrischen Versuche bekannt machen, der viel Aufsehen erregt hat, und unter dem Namen des Leydenschen Versuchs bekannt ist, weil Musschenbroek, Professor zu Leyden, ihn zuerst angestellt hat. *) Was diesen Versuch so auffallend macht, ist die außerordentliche Stärke der Elektrizität, die sich dabey äußert; mehrere Personen können dadurch auf einmal den empfindlichsten Schlag bekommen. Die 14te Figur wird Ew. H. meine Beschreibung und Erklärung deutlich machen.

Es sey C eine gläserne Kugel, die vermittelst der Kurbel E gedreht, und gegen das Kissen DD gerieben wird. In Q sind die metallenen Fäden, welche die Elektrizität durch die metallene Kette P in die eiserne Stange FG leiten.

So weit ist die Einrichtung ganz dieselbe, die ich Ew. H. schon oben beschrieben habe. Will man aber den Versuch anstellen, von dem hier die Rede ist, so verbindet man mit der eisernen Stange noch

*) Eigentlich wurde dieser Versuch zuerst im Jahr 1745 den 11. Octob. von dem Herrn von Kleist, Prälaten und Domdechanten zu Camin in Pommern, angestellt; daher er auch der Kleistische Versuch heißt. A. d. U.

eine andere metallene Kette H, deren eines Ende I in eine gläserne Flasche KK, die bis an den Hals mit Wasser angefüllt ist, herabhängt. Die Flasche selbst muß in ein Becken LL gesetzt werden, das gleichfalls voll Wasser ist. In dem Wasser des Beckens kann man, wenn man will, noch eine neue Kette A mit dem einen Ende befestigen, und das andere Ende derselben auf den Fußboden gehen lassen.

Setzt man nun die Maschine in Bewegung, so wissen Ew. H., daß die eiserne Stange elektrisch wird, und daß, wenn man den Finger gegen sie hält, ein Funke herausfährt, der ein Stechen verursacht. Wenn man aber zu gleicher Zeit die andere Hand in das Wasser des Beckens A hält, oder auch nur die in dieses Wasser eingetauchte Kette berührt, so empfindet man einen ungleich heftigern Schlag, der den ganzen Körper erschüttert.

Diesen Schlag kann man sogar mehrern Personen auf einmal ertheilen; sie dürfen sich nur die Hände geben, oder einander an den Kleidern anfassen; dann taucht der erste seine Hand in das Wasser des Beckens, oder berührt die darin befestigte Kette, und der letzte hält darauf den Finger gegen die Stange; sogleich sieht man einen viel stärkern Funken, als gewöhnlich, aus der Stange herausfahren, und alle Personen empfinden in demselben Au-

genblick durch den ganzen Körper eine schmerzhafte Erschütterung.

Dieß ist der berühmte Leydensche Versuch, der desto mehr Erstaunen erregt, je schwerer es sich begreifen läßt, wie die Flasche und das Wasser des Beckens die Wirkung der Elektrizität so außerordentlich zu verstärken im Stande sind. Vielleicht werden folgende Betrachtungen nicht ungeschickt seyn, diese dunkle Sache etwas aufzuklären.

1) So wie der Aether durch die Wirkung der Maschine in der Stange zusammengedrückt wird, geht er durch die Kette H in das Wasser der Flasche I, und da dieses offene Poren hat, so wird es, eben so sehr als die Stange selbst, mit Aether überladen.

2) Da die Flasche von Glas ist, so hat sie verschlossene Poren, die dem zusammengedrückten Aether des in ihr befindlichen Wassers keinen Durchgang in das Wasser des Beckens gestatten; folglich bleibt das letztere in seinem natürlichen Zustande, und wird nicht elektrisch; denn selbst wenn auch einiger Aether durch das Glas dränge, so würde er sich doch bald in dem Becken und dem Gestell, deren Poren offen sind, verlieren.

3) Nun wollen wir uns vorstellen, daß ein Mensch die eine Hand in das Wasser des Beckens taucht oder die Kette A anfaßt, und die andere der

eisernen Stange nähert: so wird der erste Erfolg dieser seyn, daß mit dem Funken zugleich der Aether sehr schnell aus der Stange herausfährt, und ungehindert durch den Körper des Menschen hindurch dringt, da er hier überall offene Poren antrifft.

4) Bis jetzt sehen wir hier noch nichts, als die gewöhnliche Wirkung der Elektrizität; aber da der Aether den Körper des Menschen mit so großer Geschwindigkeit durchdringt, so wird er mit der nehmlichen Geschwindigkeit durch die andere Hand oder durch die Kette A heraus fahren, um sich in das Wasser des Beckens zu ergießen; und weil er dieß mit einer so großen Heftigkeit thut, so wird er den Widerstand des Glases leicht überwinden und in das Wasser hineindringen, das in der Flasche befindlich ist.

5) Nun aber ist der Aether in dem Wasser der Flasche schon an sich sehr zusammengepreßt; er wird also durch diesen Zuwachs neue Stärke erhalten, und sich mit vieler Heftigkeit sowohl durch die Kette IH, als durch die Stange selbst verbreiten: folglich wird er in a mit neuer Kraft heraus brechen, und da dieß in einem Augenblick geschieht, mit größerer Stärke in den Finger hinein dringen, und durch den ganzen Körper gehen.

6) Aus dem Körper wird er von neuem in das Wasser des Beckens und durch das Glas in die Fla-

sche gehen; dadurch wird die Wirkung des in dem Wasser der Flasche und in der Stange zusammengedrückten Aethers noch mehr verstärkt. Dieß wird so lange fortgehen, bis alles ins Gleichgewicht gebracht ist, welches bey der außerordentlichen Schnelligkeit, womit der Aether wirkt, sehr bald erfolgen muß.

7) Das nehmliche wird geschehen, wenn man den Versuch mit mehreren Personen anstellt; und so, glaube ich, wird es nun nicht mehr unbegreiflich seyn, wie es zugeht, daß die elektrische Kraft bey diesem Versuch von Musschenbroek so erstaunend verstärkt wird, daß sie so außerordentliche Wirkungen hervorzubringen im Stande ist.

8) Wenn indessen jemand noch einige Zweifel darüber haben sollte, daß ich zuerst behaupte, der Aether könne nicht aus der Flasche in das Becken kommen, und nachher doch annehme, daß er aus dem Becken durch die Flasche dringt: so wird er diese Zweifel gewiß aufgeben, so bald er erwägt, daß in dem ersten Fall alles ruhig ist, in dem letztern aber sich der Aether in einer überaus heftigen Bewegung befindet, die ihm unstreitig Kraft genug geben kann, sich auch die verschlossensten Zugänge mit Gewalt zu eröffnen. Den 28. Jul. 1761.

Nachschrift des Uebersetzers.

Das Mangelhafte der hier gegebenen Erklärung einer der wichtigsten elektrischen Erscheinungen fällt sehr leicht in die Augen, und die Leser werden dadurch bestätigt finden, was schon oben von der Unvollkommenheit der Eulerischen Theorie der Elektrizität bemerkt worden ist. Was in Nr. 1. bis 3. gesagt wird, stimmt noch mit den bisher aufgestellten Grundsätzen überein, wenn es aber in Nr. 4. heißt, daß der Aether durch die andere Hand oder durch die Kette A mit großer Geschwindigkeit wieder herausströme: so sieht man gleich, daß dieß eine ganz willkührliche und unerwiesene Behauptung ist. Denn warum soll der Aether gerade zur andern Hand herausfahren? warum geht er nicht eben so gut durch die Beine in die Erde? Vielleicht wird man sagen, weil das Wasser ihn leichter als die trockene Erde aufnimmt. Aber man kann sich auch mit den Füssen ins Wasser stellen, und man wird nichts desto weniger den Schlag so gut bekommen wie vorher. Noch mehr: der Aether soll nicht nur zur andern Hand heraus und in das Wasser des Beckens fahren, sondern er soll gar durch das Glas in die Flasche dringen. Dieß ist ganz gegen alle Grundsätze der Elektrizität. Denn da weder das Wasser des Beckens, noch das Becken selbst isolirt oder durch Körper mit verschlosse-

nen Poren von der Erde abgeschnitten sind, so muß der Aether, und wenn seine Geschwindigkeit auch noch so groß wäre, eher durch das Wasser und das Becken in die Erde gehen, als er durch das Glas in die Flasche kommen kann. Sonst müßte ja auch überhaupt das Wasser in der Flasche jederzeit elektrisch werden, wenn man einen Drath oder eine Kette, die in das Wasser des Beckens ginge, elektrisirte; aber man könnte diese Kette Jahrhunderte lang elektrisiren, ohne daß das Wasser in der Flasche nur den allergeringsten Grad von Elektrizität erlangte. — Ferner heißt es in Nr. 5. der Aether in dem Wasser der Flasche wäre schon an sich sehr zusammengepreßt, und erhielte nun durch den Zuwachs neue Stärke. — Hiergegen muß bemerkt werden, daß in dem Augenblick, wo der Funke aus der Stange in den Finger übergeht, nicht nur die Elektrizität der Stange, sondern auch der übrigen Körper mit offenen Poren, die mit ihr zusammenhängen, und also auch die Elektrizität des Wassers in der Flasche ganz vernichtet wird; das Wasser könnte also durch diesen Zufluß nicht stärker als vorher elektrisirt werden. Und überhaupt wird ja durch den Umlauf des Aethers, der aus der Stange in den Körper geht, aus diesem in das Wasser des Beckens u. s. w. nicht die Menge desselben vermehrt, und also kann auch keine Verstärkung, sondern nur eine Erneuerung der Elektrizität dadurch bewirkt wer-

den. — Dieß wird hinreichend seyn zu beweisen, wie sehr diese ganze Erklärung verunglückt ist.

Hundert und ein und vierzigster Brief.

Nach diesen Erläuterungen werden Ew. H. über die Ursache der wunderbaren Wirkungen, die man bey den elektrischen Erscheinungen wahrnimmt, nicht mehr in Verlegenheit seyn.

Die meisten Schriftsteller, die darüber geschrieben haben, werfen die Versuche so unter einander, daß man am Ende, wenn es zur Erklärung kommt, nichts davon versteht. Sie nehmen ihre Zuflucht zu einer feinen Materie, die sie die elektrische Materie nennen, und welcher sie so seltsame Eigenschaften beylegen, daß man ihnen unmöglich beystimmen kann. Ja sie sind zuletzt doch gezwungen zu gestehen, daß alle ihre Bemühungen unzulänglich sind, uns eine gründliche Kenntniß von diesen wichtigen Ereignissen der Natur zu verschaffen.

Aus dem aber, was ich die Ehre gehabt habe Ew. H. vorzutragen, ist es klar, daß die Körper nur dann elektrisch werden, wenn sich die Elastizität des in ihren Poren enthaltenen Aethers ändert, das heißt, wenn der Aether in ihnen mehr oder we-

niger zusammengedrückt ist, als in den andern Körpern. Er wendet alsdann, vermöge seiner außerordentlichen Elastizität, eine sehr große Gewalt an sich wieder ins Gleichgewicht zu bringen, und eben die Erscheinungen, welche diese Wiederherstellung des Gleichgewichts begleiten, schreiben wir der Elektrizität zu.

Wenn der Aether aus einem Körper, wo er stärker zusammengedrückt ist, in einen andern überströmt, so wird ihm dieser Uebergang durch die verschlossenen Poren der Luft sehr erschwert, und daher kommt es, daß er in eine gewisse Erschütterung oder in eine schwingende Bewegung geräth, die, wie wir gesehen haben, das Licht hervorbringt. Je heftiger diese Bewegung ist, desto glänzender wird das Licht; es kann sogar stark genug werden, brennbare Körper anzuzünden und zu verbrennen.

Indem der Aether mit so großer Gewalt durch die Luft dringt, werden ihre kleinsten Theile gleichfalls in eine schwingende Bewegung gesetzt, von der wir wissen, daß sie den Schall verursacht; auch ist es bekannt, daß ein großer Theil der elektrischen Erscheinungen mit einem Knistern, und nach Beschaffenheit der Umstände auch wohl mit einem mehr oder weniger starken Knall oder Krachen verbunden ist.

Ferner da der Körper der Menschen, wie der Thiere in seinen kleinsten Poren mit Aether erfüllt ist,

und besonders die Wirksamkeit der Nerven von dem in ihnen enthaltenen Aether herzurühren scheint, so können Menschen und Thiere gegen die Elektrizität unmöglich unempfindlich seyn. Wird der in ihnen befindliche Aether in eine große Bewegung gebracht, so muß die Wirkung davon sehr fühlbar und, nach Beschaffenheit der Umstände, bald heilsam, bald schädlich seyn. Das letztere ist unstreitig der Fall bey den schrecklichen Schlägen des Leydenschen Versuchs. Es ist nicht zu zweifeln, daß man die Elektrizität hier zu einer solchen Stärke bringen könnte, daß Menschen dadurch getödtet würden; denn man hat wirklich schon öfters kleine Thiere, wie z. B. Mäuse und kleine Vögel, durch einen solchen Schlag getödtet.

Ob man gleich die Elektrizität gewöhnlicher Weise durch Reiben hervorzubringen pflegt, so werden doch Ew. H. leicht glauben, daß es auch noch andere Mittel dazu geben kann. Alles, was den Aether in den Poren eines Körpers zu einer größern oder geringern Dichtigkeit bringen kann, als er gewöhnlich hat, macht den Körper elektrisch; und wenn seine Poren verschlossen sind, so dauert die Elektrizität eine Zeitlang fort; hat er aber offene Poren, so wird sie nur alsdann von einigem Bestand seyn, wenn lauter Körper mit verschlossenen Poren ihn umgeben.

So hat man bemerkt, daß die Wärme oft die Stelle des Reibens vertritt. Wenn man z. B. Siegellack oder Schwefel warm werden oder in einem Löffel schmelzen läßt, so nimmt man nach der Erkaltung eine sehr merkliche Elektrizität bey ihnen wahr. Die Ursache davon kann uns nicht mehr verborgen seyn, da wir wissen, daß die Wärme die Poren aller Körper erweitert. Es ist eine sehr bekannte Erfahrung, daß alle Körper, wenn sie erhitzt werden, sich in einen größern Raum ausdehnen, und wenn sie erkalten, sich wieder zusammenziehen.

Ew. H. werden es schon oft gesehen haben, daß das Queckſilber des Thermometers in der Wärme steigt, in der Kälte aber fällt; und dieses zwar deswegen, weil es einen größern Umfang bekommt, wenn es warm ist, und also einen größern Raum in dem Glase einnimmt, als wenn es kalt ist. Aus demselben Grunde ist eine eiserne Stange immer etwas länger, wenn sie recht erhitzt, als wenn sie kalt ist; und überhaupt findet diese Eigenschaft bey allen Körpern statt, die wir kennen.

Wenn wir also ein Stück Siegellack oder Schwefel im Feuer schmelzen, so werden die Poren desselben dadurch erweitert, und wahrscheinlicher Weise auch mehr eröfnet; es wird also eine größere Menge Aether erfordert, sie auszufüllen. Läßt man nachher die Materien wieder erkalten, so verengen

sich

sich die Poren und schließen sich zu; der in ihnen befindliche Aether wird dadurch in einen kleinern Raum gebracht und mehr zusammengedrückt, und folglich erhält er eine größere Elastizität *). Hier werden also diese Körper eine positive Elektrizität bekommen, und das zeigen auch ihre Wirkungen **).

*) Man sollte freylich vermuthen, daß, wenn bey dem allmähligen Erkalten der geschmolzenen Materien die Poren sich verengern, der Aether eben so nach und nach wieder aus ihnen heraustreten müßte, als er vorher in sie hineingedrungen war; denn die Poren verschließen sich doch nicht zuerst, und fangen nachher erst an sich zu verengern, um den eingeschlossenen Aether recht zusammen zu pressen? Aber es ist begreiflich, warum Euler anderer Meinung hierin gewesen ist. Jetzt können wir seiner nur gar zu willkührlichen Erklärung um so eher entbehren, da es erwiesen ist, daß die Elektrizität, die in dem oben angeführten Fall entstehet, nicht durch die Wärme, sondern ebenfalls durch das Reiben, und zwar durch das Reiben der schmelzenden Materie gegen das Gefäß, hervorgebracht wird. Ganz anders ist es mit dem gleich darauf angeführten Turmalin beschaffen, dieser wird wirklich durch den Einfluß der Wärme elektrisirt. A. d. U.

**) Oder das sollten sie wenigstens, der gegebenen Erklärung zufolge, zeigen; aber damit stimmen die Versuche nicht überein. In manchen Fällen ist die Elektrizität positiv, in manchen negativ. Es kommt hierbey nehmlich nicht blos auf die geschmolzene Materie, son-

Diese Eigenschaft, durch die Wärme elektrisch zu werden, findet man auch bey den meisten Edelsteinen. Insbesondere aber ist der Turmalin oder Aschentrecker, ein Stein, den man auf der Insel Ceylon findet, deshalb sehr berühmt *). Wird dieser Stein erwärmt, so zeigen sich beyde Arten der Elektrizität zugleich bey ihm; dieß kommt daher, weil der Aether aus dem einen Theile verdrängt und in den andern hineingetrieben wird; er erlangt also hier eine größere und dort eine geringere Elastizität, und da die Poren des Körpers verschlossen sind, so kann das Gleichgewicht nicht den Augenblick wieder hergestellet werden. Den 1. Aug. 1761.

N. S. Der Turmalin ist zu merkwürdig, als daß ich nicht noch ein paar Worte zu dem Obigen hinzufügen dürfte. Hat dieser Stein auf allen Seidern auch auf das Gefäß an, worin sie geschmolzen wird, oder in welchem man sie wieder erkalten läßt. Z. B. geschmolzenes Lack in Glas gegossen, erhält, nach Wilkens Versuchen, eine negative, hingegen in Schwefel gegossen, eine positive Elektrizität; so wie eine Stange Siegellack gegen Schwefel gerieben, ebenfalls positiv elektrisch wird. A. d. U.

*) Man findet ihn auch in andern Gegenden Asiens, ferner in Brasilien, Grönland, Norwegen, Schweden, und selbst in Deutschland und in der Schweiz. A. d. U.

ten einerley Temperatur mit der ihn umgebenden Luft, oder überhaupt mit dem umgebenden Mittel, so zeigt er keine Spur von Elektrizität; bringt man ihn aber in ein wärmeres oder auch in ein kälteres Mittel, so wird seine Elektrizität sogleich merklich. Er wird also nicht nur durch die Wärme, sondern auch durch die Kälte elektrisch gemacht. Das merkwürdigste dabey ist, daß sich alsdenn beyde Arten der Elektrizität zugleich zeigen; auf der einen Seite die positive, auf der andern die negative. Auf jeder Seite giebt es einen Punkt, wo die Elektrizität am stärksten ist, diese Punkte nennt man die Pole des Turmalins. Schlägt man den Stein in Stücken, so zeigt jedes Stück wieder die Eigenschaft des Ganzen, jedes hat seine Pole. Die Hauptregel für die elektrischen Erscheinungen des Turmalins hat Bergmann, ein verdienstvoller schwedischer Naturforscher, zuerst gefunden; er hat nehmlich entdeckt, daß die Elektrizitäten der Pole abwechseln, je nachdem man den Stein erwärmt oder erkältet: derjenige Pol, der durch die Wärme eine positive Elektrizität erlangt, wird durch die Kälte negativ elektrisch, und umgekehrt. Vorzüglich stark zeigt sich die Elektrizität, wenn man den Stein in kochendes Wasser thut. — Uebrigens läßt sich der Turmalin auch durchs Reiben elektrisiren, und er erlangt dadurch eine positive Elektrizität, wofern er nicht zugleich erwärmt wird. Ferner kann er

durch Mittheilung sowohl positiv als negativ elektrisch gemacht werden. Einige Physiker wollen auch im Dunkeln ein Licht, ja bisweilen selbst knisternde Funken an erwärmten Turmalinen bemerkt haben. A. d. U.

Hundert und zwey und vierzigster Brief.

Bisher habe ich die Elektrizität nur als einen Gegenstand unserer Neugierde und der Spekulation der Physiker betrachtet; jetzt aber werden Ew. H. nicht ohne Erstaunen hören, daß selbst der Donner und der Blitz nichts anders, als elektrische Erscheinungen sind; und daß sie auf denselben Grundsätzen beruhen, die ich Ihnen bisher vorgetragen habe. Die Natur bewirkt hier das im Großen, was die Physiker mit ihren Versuchen im Kleinen thun.

Anfangs hielt man diejenigen Philosophen, die einige Aehnlichkeit zwischen den Erscheinungen des Blitzes und den Erscheinungen der Elektrizität zu finden glaubten, für Träumer, die durch diese Hypothese nur ihre Unwissenheit in Ansehung der Ursache des Blitzes bedecken wollten; aber Ew. H. werden bald überzeugt seyn, daß alle andern Erklärungen dieser großen Naturbegebenheiten ohne Grund sind.

In der That war alles, was man sonst hierüber vorgebracht hat, ehe man noch die Erscheinungen der Elektrizität gehörig kannte, im höchsten Grade ungereimt, und unzulänglich, uns auch nur über die kleinste Erscheinung des Gewitters einen Aufschluß zu geben.

Die ältern Philosophen setzten die Ursache desselben in schwefelhaltige und harzige Dünste, die von der Erde aufstiegen und sich mit den Wolken vermischten, wo sie sich durch eine uns unbekannte Ursache entzündeten.

Descartes, der die Unzulänglichkeit dieser Erklärung wohl einsah, nahm eine andere Ursache in den Wolken selbst an, und glaubte, daß der Donner dadurch entstände, daß die höhern Wolken plötzlich auf andere tiefer liegende Wolken herabfielen. Durch diesen Fall, meinte er, würde die zwischen den Wolken befindliche Luft so sehr zusammengedrückt, daß sie das große Krachen, und selbst den Blitz hervorbringen könnte, ob er gleich nicht im Stande war, die Möglichkeit einer solchen Wirkung darzuthun.

Aber was soll ich Ew. H. mit solchen unrichtigen Erklärungen aufhalten? ich eile lieber, Sie mit den Gründen bekannt zu machen, durch die wir auf das vollkommenste überzeugt werden, daß Donner und Blitz nichts anders als Wirkungen der Elektrizität sind.

Man errichtet eine Stange von Metall, z. B. von Eisen, auf eine Säule von Glas oder von irgend einer andern Materie mit verschlossenen Poren, damit, wenn die Stange elektrisch wird, die Elektrizität nicht gleich verloren gehen, oder sich dem Körper, der die Stange unterstützet, mittheilen könne. Wenn nun ein Gewitter aufsteigt, und die Gewitterwolken sich über die Stange heraufziehen, so entdeckt man bey dieser eine sehr starke Elektrizität, die gemeiniglich diejenige weit übertrifft, welche die Kunst hervorbringen kann. Nähert man ihr die Hand oder einen andern Körper mit offenen Poren, so sieht man nicht etwa einen Funken, sondern einen ordentlichen Strahl herausfahren, mit einem Geräusch, das dem Donner ähnlich ist, begleitet; und der Mensch, der seine Hand hinanhält, empfängt einen so starken Schlag, daß er ihn nicht aushalten kann. Das ist keine Sache für die Neugierde mehr, und man hat alle Ursache, auf seiner Hut zu seyn, und sich einer solchen Stange zur Zeit eines Gewitters nicht zu nähern.

Das traurige Schicksal des Professor Richmanns in Petersburg kann uns hier zur Warnung dienen. Als man anfing, die genaue Verbindung zwischen den Erscheinungen der Gewitter und den Erscheinungen der Elektrizität wahrzunehmen, wollte sich dieser unglückliche Naturforscher durch eigene

Versuche und Beobachtungen noch mehr davon überzeugen, und errichtete zu dem Ende auf dem Dache seines Hauses eine eiserne Stange, die er unten in eine gläserne Röhre einküttete. An diese Stange befestigte er einen Drath, den er bis in sein Zimmer leitete, damit, wenn die Stange elektrisch würde, die Elektrizität sich dem Drath ungehindert mittheilen und er ihre Wirkungen in seinem Zimmer untersuchen könnte. Ew. H. werden leicht erachten, daß dieser Drath so geführt war, daß er nirgends an Körper mit offenen Poren stieß, weil die Elektrizität sonst verloren gegangen wäre.

In dieser Verfassung erwartete er ein Gewitter, welches zu seinem Unglück sehr bald entstand. Man hörte von weiten donnern; Richmann war sehr aufmerksam auf seinen Drath, um zu sehen, ob er kein Zeichen von Elektrizität entdecken könnte. Als das Gewitter näher kam, sahe er wohl ein, daß er sich in Acht nehmen und dem Drathe nicht zu nahe kommen müßte; aber aus Versehen kam er ihm doch mit der Stirne zu nahe, und den Augenblick fuhr ein Blitz heraus, der ihn so heftig traf, daß er todt zur Erde fiel *).

*) Herr Hofr. Lichtenberg erzählt, daß er es aus dem Munde des Herrn Prof. Kratzensteins, der gleich nach dem Vorfall in das Richmannsche Haus kam, gehöret habe, daß Richmann höchst wahrschein-

Um die nehmliche Zeit wollten der Dr. Lieberkühn und der Dr. Ludolf hier ähnliche Versuche anstellen, und hatten in dieser Absicht eiserne Stangen auf ihren Häusern befestigt; sobald sie aber Richmanns Unglück erfuhren, eilten sie, die Stangen wegzunehmen; und ich glaube, sie haben sehr gut daran gethan.

Aus diesem allen werden Ew. H. leicht urtheilen, daß die Luft oder die Atmosphäre zur Zeit eines Gewitters sehr elektrisch werden muß, oder daß der Aether in derselben alsdenn in einem sehr hohen Grade zusammengedrückt wird. Dieser Aether, womit die Luft überladen ist, wird in die Stange übergehen, und sie eben sowohl, nur in einem noch viel höhern Grade, elektrisch machen, als wenn sie auf die gewöhnliche Weise elektrisirt worden wäre. Den 4. Aug. 1761.

lich, nicht durch die Elektrizität seines Apparats, sondern durch einen Blitz getödtet worden sey, der in das Haus geschlagen und erst in einer sehr geringen Entfernung von dem Erschlagenen den Drath erreicht habe. A. d. U.

Hundert und drey und vierzigster Brief.

Die Versuche, von welchen ich in meinem letzten Briefe gesprochen habe, beweisen unwidersprechlich, daß die Gewitterwolken überaus elektrisch sind, und folglich ihre Poren entweder eine zu große oder eine zu geringe Menge Aether enthalten — denn beydes kann bey der Elektrizität statt finden. Allein sehr starke Gründe bewegen mich, diese Elektrizität für positiv zu halten, und zu glauben, daß der Aether hier mehr zusammengedrückt, und also elastischer, als gewöhnlich, ist *).

Gewitter entstehen gemeiniglich nur nach einer großen Hitze; die Poren der Luft und der in ihr befindlichen Dünste sind alsdenn sehr erweitert, und mit einer großen Menge Aether erfüllt, der sehr leicht in alle leeren Zwischenräume anderer Körper eindringt. Wenn nun diese Dünste in die obern Ge-

*) Diese Behauptung von der positiven Elektrizität der Gewitterwolken gründet Euler wieder auf nichts, als seine eigene Theorie, mit der sich der entgegengesetzte Zustand der Wolken nicht recht vertragen will. Gleichwohl aber ist es durch die sichersten Beobachtungen erwiesen, daß die Elektrizität der Gewitter eben so häufig, ja vielleicht noch häufiger, negativ, als positiv ist. A. d. U.

genden der Atmosphäre kommen, wo die Wolken entstehen, so finden sie da eine große Kälte. Dieß sehen wir theils aus dem Hagel, der in jenen Gegenden entsteht, und offenbar von einem Gefrieren zeugt, theils aus dem Schnee, den man auf hohen Gebirgen, z. B. den Kordilleras, selbst mitten im Sommer, wenn an ihrem Fuß die größte Wärme herrscht, antrifft.

Nichts ist also gegründeter und gewisser, als daß es oben in unserer Atmosphäre, wo sich die Wolken erzeugen, durchgehends sehr kalt ist. Eben so gewiß ist es, daß die Kälte die Körper in einen kleinern Raum zusammenzieht, und dadurch ihre Poren enger macht. Da nun die Poren der Dünste durch die Wärme sehr erweitert waren, so werden sie durch die Kälte der obern Atmosphäre, bey der Entstehung der Wolken, wieder verengert; der in ihnen eingeschlossene Aether kann wegen der verschlossenen Poren der Luft nicht fortgehen, er muß also zurückbleiben und durch die Zusammendrückung eine größere Dichtigkeit erhalten; mithin wird auch seine Elastizität um so viel stärker werden.

Darin besteht also das Eigenthümliche der Gewitterwolken, daß sie in ihren Poren einen Aether enthalten, der viel elastischer, als gewöhnlich, ist, oder daß sie eine positive Elektrizität haben. Da sie nichts, als ein Haufen feuchter Dünste sind, so

haben sie offene Poren, weil sie aber zugleich von der Luft, deren Poren verschlossen sind, umgeben werden, so kann der zusammengedrückte Aether nur ganz unmerklich fortgehen. Allein wenn irgend ein Mensch oder ein anderer Körper mit offenen Poren sich ihnen näherte, so würde man dieselben Erscheinungen gewahr werden, die man bey der Elektrizität bemerkt: es würde ein sehr starker Funke, oder vielmehr ein wahrer Blitz heraus fahren. Noch mehr, der Körper würde einen sehr heftigen Schlag empfinden, weil der Aether mit einer großen Gewaltsamkeit aus der Wolke in den Körper überginge. Dieser Schlag könnte den Bau des ganzen Körpers zerrütten; und die schreckliche Erschütterung des Aethers würde nicht blos Licht, sondern ein wahres Feuer erzeugen, das brennbare Körper zu entzünden und zu zerstören vermögend wäre.

Ew. H. werden hierin alle Umstände erkennen, die sich bey dem Blitz ereignen; und was das Krachen des Donners anbelangt, so fällt die Ursache davon in die Augen: es ist nicht möglich, daß der Aether in eine so große Erschütterung gerathen kann, ohne daß die Luft selbst in eine ähnliche Bewegung gesetzt wird, die jenes starke Getöse verursacht. Der Donner bricht also so oft aus, als der in den Wolken eingeschlossene Aether bis zu einem Körper dringen kann, wo der Aether sich in seinem natürlichen

Zustande befindet, und die Poren offen sind. Es ist auch nicht einmal nöthig, daß dieser Körper die Wolke unmittelbar berührt.

Was ich von den Atmosphären der elektrisirten Körper gesagt habe, findet besonders bey den Wolken statt; oft macht sich uns diese elektrische Atmosphäre zur Zeit eines Gewitters durch eine erstickende Luft fühlbar, die für manche Personen sehr angreifend ist. Wenn die Wolke anfängt, sich in Regen aufzulösen, so verbreitet sich die Elektrizität durch die feuchte Luft, und dadurch kann der elektrische Schlag bis zu sehr entfernten Körpern geleitet werden.

Man hat bemerkt, daß der Blitz gemeiniglich sehr hohe Gegenstände, wie z. B. Glockenthürme, trifft, besonders wenn sie viel Metall enthalten, oder auch eine spitzige Form haben. Ferner schlägt der Blitz häufig ins Wasser, da dieß ein Körper mit sehr weiten Poren ist. Hingegen Körper mit verschlossenen Poren, wie Glas, Pech, Schwefel, Seide, sind ihm weniger ausgesetzt, es sey denn, daß sie sehr naß wären. So hat man beobachtet, daß, wenn der Blitz in ein Fenster schlägt, er nicht durch das Glas, sondern durch das Bley geht, wodurch die Scheiben zusammen verbunden sind. Man könnte es daher beynahe für gewiß annehmen, daß ein gläsernes Haus, das mit Pech und andern Mate-

rien mit verschlossenen Poren zusammengefügt wäre, uns vor den Wirkungen des Blitzes völlig sicher stellen würde. Den 8. Aug. 1761.

Hundert und vier und vierzigster Brief.

Donner und Blitz sind also nichts anders, als Wirkungen der Elektrizität der Wolken; und so wie aus einem elektrisirten Körper, wenn er sich einem andern Körper, der sich in seinem natürlichen Zustande befindet, nähert, ein Funke herausbricht, wodurch er seines überflüssigen Aethers mit einer gewissen Gewaltsamkeit entledigt wird; so geschieht dasselbe auch bey einer elektrischen oder mit Aether überladenen Wolke; nur mit dem Unterschiede, daß die Gewalt des herausbrechenden Aethers hier ungleich stärker ist, theils wegen der sehr beträchtlichen Größe des elektrisirten Körpers, theils weil der Aether in der Wolke, aller Wahrscheinlichkeit nach, in einem viel höhern Grade verdichtet ist, als wir ihn durch unsere Maschinen verdichten können.

Wenn sich also eine Gewitterwolke solchen Körpern nähert, in welche sie sich ihres überflüssigen Aethers entladen kann, so muß diese Entladung allezeit mit einer außerordentlichen Heftigkeit geschehen;

anstatt eines bloßen Funkens wird ein starker Blitz durch die Luft fahren, wobey der Aether in dieser Gegend in eine solche Erschütterung geräth, daß er ein sehr helles Licht hervorbringt.

Zu gleicher Zeit wird die Luft selbst in eine heftige zitternde Bewegung gesetzt, die das Getöse des Donners verursacht. Dieß Getöse entsteht zwar mit dem Blitz zugleich, aber Ew. H. wissen, daß der Schall immer einige Zeit braucht, um auf eine gewisse Entfernung fortgepflanzt zu werden. Er durchläuft in einer Sekunde nur eine Strecke von ungefähr tausend Füßen, da hingegen das Licht sich in der nehmlichen Zeit durch einen Raum von 37,500 Meilen bewegt. Deswegen hören wir den Donner meistentheils später, als wir den Blitz sehen, und aus der Anzahl der Sekunden, die zwischen dem Blitz und dem Donner verfließen, können wir ungefähr die Entfernung des Gewitters schätzen, indem wir auf eine jede Sekunde tausend Fuß rechnen.

Der Körper selbst, in welchem sich die Elektrizität der Wolke entladet, empfängt den heftigsten Schlag; bald wird er zertrümmert; bald entzündet und in Asche verwandelt, wenn er aus einer brennbaren Materie besteht; bald geschmolzen, wenn er von Metall ist; und man sagt alsdenn von einem solchen Körper, daß er vom Blitz getroffen sey. So wunderbar und so seltsam aber auch die Wirkungen

des Blitzes bisweilen seyn mögen, so stimmen sie doch mit den bekannten Erscheinungen der Elektrizität ganz überein.

Man hat Exempel, daß der Blitz die Klinge eines Degens geschmolzen hat, ohne die Scheide im geringsten zu verletzen; dieß kommt von den weiten Poren des Metalls her, in welche der Aether leicht eindringen kann; dagegen die Materie, woraus die Scheide gemacht ist, mehr zu der Klasse der Körper mit verschlossenen Poren gehöret, die dem Aether keinen so freyen Durchgang verstatten.

Ferner geschieht es bisweilen, daß der Blitz von mehrern Personen, die beysammen stehen, nur einige trifft, indeß die andern unversehrt bleiben. Auch hiervon ist die Ursache offenbar. Diejenigen Personen, um welche herum die Luft am meisten mit Aether überladen ist, befinden sich in der größten Gefahr; sobald sich der Aether auf eine von diesen entladet, wird die benachbarte Luft in ihren natürlichen Zustand versetzt, und daher empfinden die nächsten Nachbarn jenes Unglücklichen nichts; diejenigen aber, die weiter von ihm entfernt sind, und um welche herum die Luft noch hinlänglich mit Aether erfüllt ist, werden von einem gleichen Schlag getroffen *).

*) Nach dieser Erklärung käme der Blitz, von welchen diese Personen getroffen werden, nicht aus den Wol-

Mit einem Wort, so sonderbar auch die Umstände seyn mögen, die oft das Einschlagen des Blitzes begleiten, so sind sie doch gewiß immer von der Art, daß sie sich mit der Natur der Elektrizität vereinigen lassen.

Manche Philosophen haben behauptet, daß der Blitz nicht aus den Wolken, sondern aus der Erde, oder aus den Körpern käme. So seltsam diese Meinung scheinen mag, so ist sie doch in der That so ungereimt nicht; denn es läßt sich bey den Erscheinungen der Elektrizität schwer unterscheiden, ob der elektrische Funke aus dem elektrisirten oder aus dem andern, nicht elektrisirten, Körper kommt, weil er mit einer so großen Geschwindigkeit durch den Raum zwischen beyden Körpern hinfährt; und wenn die Elektrizität negativ ist, so kommt er wirklich aus dem nicht elektrisirten Körper heraus. Unterdessen ist

ken von oben herab, sondern entstände erst aus der sie unmittelbar umgebenden Luft. Dieß ist gegen alle Erfahrung. Bekanntermaßen theilt sich der Blitz sehr häufig in verschiedene Aeste, und daher kann es wohl kommen, daß er von mehrern beysammenstehenden Personen nur diejenigen trifft, die ihn entweder wegen ihrer körperlichen Beschaffenheit (weil sie z. B. stark ausdünsten), oder wegen ihrer Kleidung, (weil sie z. B. naß ist, oder viel Metall enthält), oder wegen ihres Standorts u. s. w. vorzüglich auf sich ziehen. A. d. U.

ist es ziemlich ausgemacht, daß die Wolken bey einem Gewitter eine positive Elektrizität haben, und der Blitz aus ihnen herunterfährt.

Ew. H. werden mit Recht fragen können, ob bey einem jeden Wetterschlag irgend ein Körper auf unserer Erde vom Blitz getroffen wird, oder, ob der Blitz jedesmal einschlägt? Wir sehen in der That, daß Häuser und Menschen nur selten von ihm getroffen werden, aber wir wissen auch, daß er desto öfterer in Bäume einschlägt, und daß viele Blitze in die Erde und ins Wasser fahren. Inzwischen bin ich überzeugt, daß auch viele Blitze nicht bis auf die Erde kommen, und daß sich die Elektrizität der Gewitterwolken oft in andere Wolken oder in die Luft entladet. Die enge Oeffnung der Poren der Luft ist dieser Entladung nicht mehr hinderlich, sobald die Luft durch den Regen und die Dünste hinlänglich feucht geworden ist, weil sich alsdenn, wie wir wissen, die Poren erweitern.

Es ist also allerdings möglich, daß der überflüssige Aether der Wolken blos in die Luft übergehen kann, und wenn dieß geschieht, so ist der Schlag weder so stark, noch von einem so heftigen Donner begleitet, als wenn der Blitz in die Erde oder in einen andern Körper einschlägt, wobey eine viel größere Strecke der Atmosphäre in Erschütterung gesetzt wird.

Ich hoffe, daß diese Bemerkungen etwas beytragen werden, die Natur der Gewitter in ein helleres Licht zu setzen, und die genaue Verbindung derselben mit der Elektrizität zu zeigen. Den 11. Aug. 1761.

Hundert und fünf und vierzigster Brief.

Man hat die Frage aufgeworfen, ob es nicht möglich wäre, den traurigen Wirkungen des Blitzes zuvorzukommen oder sie abzuwenden? Ew. H. kennen die Wichtigkeit dieser Frage, und sehen wohl, wie vielen Dank ich mir erwerben würde, wenn ich ein zuverläßiges Mittel, sich vor dem Blitze sicher zu stellen, angeben könnte.

So viel ich die Natur und die Wirkungen der Elektrizität kenne, ist es mir gar nicht zweifelhaft, daß die Sache möglich sey. Ich stand ehemals mit einem Geistlichen in Mähren, Namens Prokopius Divisch, in Briefwechsel, und dieser versicherte mich, daß er vermittelst einer Maschine, deren Einrichtung auf den Grundsätzen der Elektrizität beruhte, einen ganzen Sommer hindurch alle Gewitter von dem Orte, wo er wohnte, und der umliegenden Gegend abgewendet hätte; und nach der Zeit hörte ich von

Leuten, die aus jener Gegend kamen, daß die Sache vollkommen gegründet wäre *).

Es giebt aber viele Personen, die der Meinung sind, daß, wenn die Sache auch möglich wäre, es doch schwerlich erlaubt seyn dürfte, sich eines solchen Mittels zu bedienen. Sie sehen es als einen Eingriff in die Rechte Gottes und als eine Widersetzlichkeit gegen seine Fügungen an. Ich bin überzeugt, daß Ew. H. hierüber zu richtig denken, als daß ich nöthig hätte, eine solche Meinung ernstlich zu widerlegen. Welche elenden Begriffe müssen nicht diejenigen von Gott haben, die sich einbilden, daß wir durch unsere schwachen Bemühungen und Unternehmungen seine Absichten zu vereiteln vermögend wären! Wenn es nicht erlaubt seyn sollte, sich gegen den Blitz zu sichern, so dürften wir uns überhaupt gegen keinen Unfall, von welcher Art er auch seyn möchte, zu schützen suchen, denn es kommt einer so gut von Gott als der andere; es würde ungerecht seyn, Arzneyen gegen Krankheiten, oder Waffen gegen reißende Thiere zu gebrauchen, oder dem Felsen aus dem Wege zu gehen, der auf uns herabzu-

*) Wie Herr Dr. Gehler in seinem Wörterb. unter dem Artikel Blitzableiter bemerkt, so ist die Einrichtung dieser Maschine nicht genau bekannt geworden. Sie scheint zugespitzte Stangen gehabt zu haben, und tragbar gewesen zu seyn. A. d. U.

stürzen droht; und welcher vernünftige Mensch wollte eine solche Behauptung wagen, die eine wahre Lästerung gegen den Schöpfer wäre, der uns die Kräfte gegeben hat, sie zu gebrauchen, und nicht sie in Unthätigkeit liegen zu lassen? Freylich möchten die Menschen sich gern überreden, daß alles in der Welt um ihrentwillen da wäre; aber ich glaube, daß es eben so gut donnern und blitzen würde, wenn auch kein Mensch vorhanden wäre, den der Blitz erschlagen oder dem er Schaden zufügen könnte. Da uns nun der Schöpfer in diese Welt setzte, so gab er zugleich uns Verstand und Kräfte, diesen Platz zu behaupten, und wir machen also gewiß den zweckmäßigsten Gebrauch davon, wenn wir sie zur Sicherung und Erhaltung unsers Lebens anwenden.

Ew. H. kennen das unglückliche Schicksal des Prof. Richmanns. Dieser Mann hat unstreitig durch seinen Apparat den Blitz selbst auf sich gezogen, der sonst vielleicht irgend einen andern Ort getroffen hätte. Es ist also keinem Zweifel mehr unterworfen, daß es möglich ist, die Richtung des Blitzes gewissermaßen zu bestimmen und ihn von einem Ort nach einem andern hinzuleiten; und dieß scheint uns schon zu unserm Zweck zu führen.

Unstreitig würde es noch besser seyn, wenn man die Wolken ganz und gar ihrer elektrischen Kraft berauben könnte, ohne daß man nöthig hätte, irgend

einen Ort der Wuth des Blitzes Preis zu geben; man würde alsdenn allen Donnerschlägen, wodurch so viele Menschen erschreckt werden, vorbeugen.

Dieß scheint mir nicht unmöglich zu seyn, und ohne Zweifel hat der Mährische Prediger, dessen ich vorhin gedachte, so etwas zu bewirken gewußt; denn man hat mich versichert, daß seine Maschine die Gewitterwolken anzuziehen schiene, und sie gleichsam zwänge, ruhig und mit einem bloßen Regen vorüberzugehen; und daß man den Donner nur in der Ferne hörte.

Der Versuch mit einer hoch aufgerichteten eisernen Stange, die bey der Annäherung eines Gewitters elektrisch wird, kann uns auf die Einrichtung einer solchen Maschine führen; denn es ist offenbar, daß die Wolken so viel von ihrer Elektrizität verlieren müssen, als die Stange aus ihnen ableitet. Man darf also nur eine solche Einrichtung treffen, daß die Stangen sich der Elektrizität, die sie anziehen, auf der Stelle entledigen können.

In dieser Absicht müßte man die Stangen in eine freye Verbindung mit einem Teich, oder mit dem Innern der Erde bringen, weil diese, wegen ihrer weiten Poren, leicht eine große Menge Aether aufnehmen und so vertheilen können, daß er überall wieder ins Gleichgewicht kommt. Eine solche Verbindung läßt sich füglich durch Ketten von Eisen

oder Metall bewerkstelligen, die ausnehmend geschickt sind, den in die Stangen eindringenden Aether sehr schnell fortzuleiten.

Ich würde den Rath geben, an hohen Orten mehrere starke eiserne Stangen zu errichten, deren oberes Ende spitzig zugeht, weil die Spitzen die Ableitung der Elektrizität vorzüglich befördern. Ferner würde ich an diese Stangen lange eiserne Ketten befestigen, die ich unter die Erde bis in einen Teich, oder See oder Fluß führen ließe, damit die Elektrizität auf das leichteste abfließen könnte; und ich zweifle nicht, daß, wenn man erst einige Versuche gemacht hätte, man bald Mittel finden würde, diese Maschinen bequemer und zuverlässiger einzurichten *).

Es ist offenbar, daß bey der Annäherung eines Gewitters der Aether, womit die Wolken überladen sind, in reichlichem Maaße in die Stangen strömen und sie elektrisch machen würde, wenn die Ketten ihm nicht einen freyen Durchgang verstatteten, wodurch er sich in dem Wasser und dem Innern der Erde zerstreuen kann.

Der Aether würde immerfort aus den Wolken ruhig in die Stangen übergehen, und durch seine

*) Es ist zu verwundern, daß Euler der Franklinischen Blitzableiter, die doch schon lange vorher erfunden waren, mit keinem Worte gedenkt. A. d. U.

Erschütterung ein Licht verursachen, das man an der Spitze derselben wahrnehmen würde.

Dergleichen Lichter bemerkt man oft bey einem Gewitter an den Spitzen der Thürme, zum sichern Beweise, daß hier der Aether ruhig aus den Wolken abfließt, und jedermann sieht dieß als ein gutes Zeichen an, wodurch viele Wetterschläge verhütet werden.

Auch nimmt man öfters auf dem Meere an den Spitzen der Mastbäume Lichter wahr, die bey den Schiffern unter dem Namen Kastor und Pollux*) bekannt sind; und wenn man diese Zeichen erblickt, so glaubt man sich gegen den Blitz gesichert.

Die meisten Philosophen haben diese Erscheinungen zum Aberglauben des Volks gerechnet, aber wir wissen jetzt, daß diese Meinungen nicht erdichtet sind, sondern im Gegentheil unendlich mehr Grund haben, als die meisten Träumereyen der Philosophen.
Den 15. Aug. 1761.

*) Man nennt sie auch häufig St. Elms- oder Helenen-Feuer. A. d. U.

Hundert und sechs und vierzigster Brief *).

Euler beschließt mit dem vorhergehenden Briefe seinen Unterricht über die Elektrizität, der, seinem Plan gemäß, nur das Wissenswürdigste von dem begreift, was damals über diesen Gegenstand bekannt war. Allein seit jener Zeit ist dieser Theil der Naturlehre mit so vielem Eifer und zugleich mit so vielem Glück bearbeitet worden, daß er ein ganz neues Ansehen gewonnen hat, und wir gegenwärtig noch vieles mit dem größten Recht zu dem Wissenswürdigsten rechnen können, wovon in den vorstehenden Briefen keine Erwähnung geschieht. Man hat nicht nur die alten Werkzeuge beträchtlich verbessert, sondern auch eine Menge neuer Instrumente erfunden, und durch Hülfe derselben die elektrischen Erscheinungen auf so vielfache Weise und von so verschiedenen Seiten beobachtet, daß es kein Wunder ist, daß wir uns jetzt einer viel genauern Kenntniß der Elektrizität überhaupt zu erfreuen haben, als es vor dreyßig Jahren möglich war. Da Euler seine Theorie von der Elektrizität aufstellte, lag die Wissenschaft fast noch in ihrer Kindheit. Er gründete

*) Von hier bis zum Ende dieses Bandes sind die Briefe von dem Uebersetzer.

sie auf den Aether, wie seine Theorie vom Licht, aber sie hat bey weitem nicht den Beyfall erlangt, der dieser zu Theil geworden ist, und heutigestags nehmen die Physiker keine Rücksicht mehr darauf. Es läßt sich nicht einmal sagen, daß man sie vergessen hätte, vielmehr hat man sie niemals aufgenommen. So einfach es auch scheinen mag, die elektrischen Erscheinungen blos aus mechanischen Wirkungen der elastischen Aethertheilchen herzuleiten, und so glücklich auch Euler einige daraus erklärt hat, so haben Sie doch selbst gesehen, daß seine Erklärungen bisweilen sehr mangelhaft und unbefriedigend sind. Wenn wir aber auch gleich seinen Erklärungen nicht beystimmen, so bleiben doch seine Beschreibungen der elektrischen Erscheinungen größtentheils richtig, und dieß wird die Aufmerksamkeit hinlänglich belohnen, die Sie seinen Briefen geschenkt haben. Es wird Ihnen leicht seyn, jene Erklärungen mit richtigern zu vertauschen. Sie kennen nun wenigstens im allgemeinen die wunderbaren Eigenschaften der Elektrizität, Sie wissen, daß ihre Wirkungen für uns eben so belustigend als erschreckend, eben so heilsam als gefährlich werden können. Ich hoffe daher, Ihren eigenen Wünschen entgegen zu kommen, wenn ich Sie mit den Grundsätzen, die zu einer richtigern Beurtheilung der elektrischen Wirkungen führen, bekannt mache, und Ihnen zugleich

noch von einigen der merkwürdigsten neuern Entdeckungen und Versuche Nachricht gebe. Zu dieser Absicht aber ist es nöthig, daß ich wieder von den einfachsten Erscheinungen anfange.

Sie erinnern sich noch, daß, wenn gewisse Körper, z. B. Glas, Siegellack, Bernstein, Schwefel, mit der trockenen Hand oder mit einem Stückchen Flanell gerieben werden, sie kleine und leichte Körper, als Goldblättchen, Feilstaub, Papier, Kork, anziehen und wieder abstoßen. Sehr deutlich und bequem lassen sich diese Erscheinungen darstellen, wenn man eine Glasröhre von ungefähr einem Zoll im Durchmesser, und etwa drey Fuß Länge dazu anwendet. Reibt man diese mit einem wollenen oder auch mit einem seidenen Lappen, und hält sie dann gegen ein kleines in der Luft schwebendes oder an einem seidenen Faden aufgehängtes Stückchen Blattgold oder Goldpapier, so fängt dieses schon in einer Entfernung von mehrern Zollen an, sich ihr mit zunehmender Geschwindigkeit zu nähern, nicht anders als ob es von ihr angezogen würde, und sobald es sie berührt hat, oft auch noch früher, zieht es sich eiligst wieder zurück. Wollen Sie es alsdenn von neuem anziehen, und nähern ihm in dieser Absicht die Röhre, so werden Sie nicht ohne Verwunderung bemerken, daß es, anstatt ihr näher zu kommen, vor ihr zurückflieht, so daß Sie es mit der Röhre verfolgen, und,

ohne es anzurühren, vor sich hertreiben können, wohin es Ihnen beliebt. Erst wenn es die Wand oder die Decke des Zimmers oder einen andern Gegenstand berührt hat, wird es wieder angezogen und abgestoßen werden, und ist dieser Gegenstand von Metall, so wird es zwischen ihm und der Röhre zu wiederholtenmalen hin- und herhüpfen. Ich bin überzeugt, daß dieser einfache Versuch Ihre ganze Aufmerksamkeit eben so sehr erregen wird, als er sie verdient. Sie sehen hier einen Körper trotz seiner Schwere und des Widerstandes der Luft, von einer unsichtbaren Kraft getrieben, in die Höhe steigen, er berührt einen andern, und, ohne eine sichtbare Veränderung, wird die vorige Wirkung den Augenblick in die entgegengesetzte verwandelt, um sich auf eine eben so wunderbare Weise gleich wieder zu erneuen.

Halten Sie diese Röhre, nachdem Sie sie stark gerieben haben, gegen das Gesicht, so werden Sie die Empfindung haben, als ob Spinneweben über Ihr Gesicht gezogen würden, und wenn Sie mit der Hand längs der Oberfläche derselben hinfahren, so werden Sie ein Knistern hören, und im Dunkeln Funken erblicken. Auch läßt sich ein eigener süßlicher Geruch verspüren, der dem Geruch des Harnphosphors ähnlich ist. In diesem Zustande pflegt man die Röhre elektrisch, und die Erscheinungen, die sie hervorbringt, elektrische Erschei-

nungen zu nennen. Es ist aber nicht die Meinung, daß die Röhre für sich diese Erscheinungen hervorbringt, sondern man nimmt eine besondere Materie an, welche die eigentliche Ursache der elektrischen Erscheinungen ist, und daher die elektrische Materie genannt wird. Diese Materie stellt man sich als sehr fein, elastisch und flüssig vor, weiter aber getraut man sich noch nicht ihre Natur mit Sicherheit zu bestimmen. Man glaubt, daß sie durch unsere ganze Erde, und durch alle Körper auf derselben verbreitet sey, daß ein jeder Körper seinen bestimmten Antheil davon besitze, daß er aber alsdann erst Elektrizität zeige, wenn sein natürlicher Antheil vermehrt oder vermindert, und dadurch das Gleichgewicht der elektrischen Materie gestört werde. Unter Elektrizität versteht man die besondere Kraft oder Wirksamkeit, die einem elektrischen Körper eigen ist, (wiewohl man auch oft die elektrische Materie selbst dadurch bezeichnet,) und einem Körper diese Kraft ertheilen, heißt ihn elektrisiren.

So leicht sich die Glasröhre durchs Reiben elektrisiren läßt, so wenig gelingt dieß bey den Metallen und mehrern andern Körpern, wenn man dabey auf eine ähnliche Art verfährt. Nehmen Sie z. B. eine eiserne Stange in die eine Hand und reiben sie mit der andern, so werden Sie finden, daß sie auch nicht das kleinste Stückchen Papier oder Blatt-

gold anzieht, wenn Sie sie gleich dicht daran halten.

Dieß war die Ursache, daß man die Körper in zwey Hauptklassen eintheilte; in solche, die durchs Reiben, und in solche, die nicht durchs Reiben elektrisch werden. Jene nannte man elektrische, diese unelektrische Körper, eine unschickliche Benennung, wodurch man, meinem Urtheile nach, richtiger diejenigen Körper bezeichnet, welche Elektrizität haben, und die, welche keine haben. Euler hat, wie Sie sich erinnern werden, die Körper ebenfalls in jene beyden Hauptklassen unterschieden, und sie darnach in Körper mit verschlossenen und in Körper mit offenen Poren eingetheilt. Unter jenen versteht er also die elektrischen, und unter diesen die unelektrischen Körper. Es wird, glaube ich, nicht überflüssig seyn, die Sprache des Eulerischen Systems mit der Sprache der andern Systeme zu vergleichen; das Verständniß der letztern wird dadurch sehr erleichtert, weil die Thatsachen immer dieselben, und nur die Benennungen und Erklärungen verschieden sind.

Hundert und sieben und vierzigster Brief.

Ich habe schon in einer Anmerkung zum 129sten Briefe erinnert, daß die Unterscheidung der Körper in solche, die durchs Reiben, und in solche, die nicht durchs Reiben elektrisch werden, ohne Grund ist, und daß man Mittel gefunden hat, beyde Arten von Körpern durch Reiben zu elektrisiren. Folglich wird dadurch auch die Eintheilung in elektrische und unelektrische Körper aufgehoben, und man sollte daher diese Ausdrücke billig nie anders gebrauchen, als um Körper zu bezeichnen, welche sich in dem Zustand der Elektrizität oder Nichtelektrizität befinden.

Man hat aber einen andern Unterschied zwischen den Körpern jener beyden Klassen entdeckt, welcher darin besteht, daß die einen, die sogenannten elektrischen, die elektrische Materie eben so schwer aufnehmen als verlieren, und ihr keine freye Bewegung durch ihre Theile erlauben; die andern hingegen, die sogenannten unelektrischen, sie mit großer Leichtigkeit aufnehmen und wieder fahren lassen, und ihr ungehindert den Durchgang gestatten. Daher theilte man nun die Körper in solche ein, welche die elektrische Materie nicht fortleiten, nicht leitende Körper oder Nichtleiter, und in solche, die sie fort-

leiten, leitende Körper oder Leiter. Jene sind also einerley mit denen, welche oben Körper mit verschlossenen Poren genannt werden, und diese einerley mit denen, welche dort Körper mit offenen Poren heißen. Ob aber der Grund von dem Vermögen, zu leiten und nicht zu leiten, in der Gestalt der Poren oder in einer besondern Kraft der Körper liege, lassen wir hier ganz unentschieden.

Zu den Nichtleitern werden also auch alle diejenigen Körper gehören, welche Euler zu den Körpern mit verschlossenen Poren rechnet, nehmlich insbesondere das Glas, das Harz, der Bernstein, der Schwefel, das Siegellack, die Seide und die trockne Luft; und zu den Leitern diejenigen, welche bey ihm Körper mit offenen Poren sind, als: die Metalle, das Wasser und die thierischen Körper, zu welchen man noch den feuchten Erdboden hinzufügen kann. Zwischen diesen beyden Hauptklassen stehen gewisse Körper gleichsam in der Mitte, die die elektrische Materie nicht so fest zurückhalten, wie die Nichtleiter, aber auch nicht mit der Leichtigkeit fortleiten, wie die Leiter, und die man daher Halbleiter nennt. Zu diesen gehören vorzüglich der trockene Marmor und das trockne Holz.

Nunmehr werden Sie leicht einsehen, warum eine eiserne Stange, in der Hand gerieben, keine Elektrizität zeigen kann. Denn da das Metall, die Hand

und der ganze Körper Leiter sind, so führen sie die Elektrizität in dem Augenblick, da sie durchs Reiben erzeugt wird, wieder in die Erde zurück, oder die elektrische Materie verbreitet sich sogleich durch die ganze Stange, durch den Körper und durch die Erde, und kann daher unmöglich in der Stange hinreichend angehäuft werden, um einen merklichen Grad von Elektrizität hervorzubringen. Die Stange bleibt also nicht deswegen unelektrisch, weil keine Elektrizität durchs Reiben in ihr erregt werden könnte, sondern weil die elektrische Materie, von der alle Elektrizität herrührt, sogleich wieder zurückfließt, als sie in die Stange hineingebracht wird. Daß sich dieß wirklich so verhält, sehen wir daraus, weil die Stange allerdings eine merkliche Elektrizität zeigt, sobald man jenen Abfluß der elektrischen Materie verhindert; und dieß geschieht, wenn man die Stange isolirt, das ist, durch Nichtleiter von der Verbindung mit der Erde abschließt, und sie mit einem gleichfals isolirten Körper reibt.

Unterdessen wird man auf diese Weise nie einen beträchtlichen Grad der Elektrizität in der Stange hervorbringen können, so wenig wie eine Glasröhre, die man mit einem isolirten wollenen oder seidenen Kissen reiben wollte, eine starke Elektrizität erhalten würde. Man hat daher ein anderes Mittel erfunden, die Metalle, so wie alle leitende Körper, elektrisch

zu

zu machen; man verbindet sie nehmlich mit einem elektrisirten Nichtleiter, oder bringt sie auch nur in die Nähe desselben — dieß heißt, wie Sie wissen, durch Mittheilung elektrisiren. Es ist aber wohl zu merken, daß der Körper, den man auf diese Art elektrisiren will, isolirt seyn muß. Hängen Sie z. B. einen Drath in seidenen Fäden oder Bändern auf, und fahren alsdenn mit einer geriebenen Glasröhre zu wiederholten malen an demselben hin, so wird er, so gut wie die Röhre, leichte Körperchen anziehen und abstoßen, oder, wenn man den Finger gegen ihn hält, einen Funken geben. Denn da er die Eigenschaft hat, die elektrische Materie leicht aufzunehmen, so geht ein Theil derselben aus der Röhre in ihn über, und weil er isolirt ist, häuft sie sich in ihm an und macht ihn elektrisch. Sie sehen daraus zugleich, daß durch die Mittheilung die Elektrizität der Röhre selbst geschwächt wird, weil sie so viel von ihrer elektrischen Materie verliert, als der leitende Körper empfängt.

Es giebt also eine doppelte Art, die Körper zu elektrisiren: erstens durch Reiben, zweytens durch Mittheilung. Man darf aber ja nicht glauben, wie Euler will, daß diejenigen Körper, die durch Mittheilung elektrisch gemacht werden, sich nicht durch Reiben elektrisiren ließen, und umgekehrt diejenigen, die durch Reiben elektrisch werden, keine

Elektrizität durch Mittheilung annähmen. So gut eine isolirte eiserne Stange, mit einem isolirten Körper gerieben, elektrisch wird, so gut können auch die Nichtleiter, das Glas, das Harz, das Siegellack u. s. w., durch Mittheilung elektrisirt werden. In der Folge werde ich Ihnen hiervon mehrere Beweise zu geben Gelegenheit haben.

Man pflegt die Elektrizität, die durchs Reiben hervorgebracht wird, ursprüngliche, und die, welche durch Mittheilung entsteht, mitgetheilte Elektrizität zu nennen, wodurch aber schlechterdings kein Unterschied in der Natur, sondern nur in der Entstehung dieser Elektrizitäten angedeutet werden soll. Da nun die Nichtleiter gewöhnlich durch Reiben, und die Leiter vorzüglich durch Mittheilung elektrisirt werden, so hat man jene auch ursprünglich-elektrische oder mit einem griechischen Wort idioelektrische Körper, und diese symperielektrische (d. i. die eine fremde Elektrizität annehmen) genannt. Diese Unterscheidung gründet sich eigentlich auf die Voraussetzung, daß alle elektrische Materie, die durchs Reiben in den Nichtleitern wirksam gemacht wird, schon ursprünglich in ihnen vorhanden wäre, die Leiter hingegen gar keine elektrische Materie besäßen. Da aber diese Voraussetzung ganz ungegründet ist — denn auch die Elektrizität der Nichtleiter entsteht größtentheils erst durch die

mitgetheilte elektrische Materie — so können wir jener Unterscheidung füglich entbehren.

Hundert und acht und vierzigster Brief.

Man kann die Körper in Absicht auf die Elektrizität, wie Sie gesehen haben, in drey Klassen theilen: in Nichtleiter, Leiter und Halbleiter. Ich muß aber gleich anmerken, daß diese Klassen nicht auf eine genaue und bestimmte Weise von einander getrennt sind, vielmehr laufen ihre Grenzen sehr in einander. Es kommt hier auf das Mehr oder Weniger an. Vollkommene Nichtleiter giebt es so wenig, als vollkommene Leiter. Derselbe Körper kann durch Veränderung seines Zustandes aus einem Nichtleiter ein Leiter werden, und umgekehrt. So wird z. B. das Glas bey einer sehr großen Hitze ein Leiter, und das Eis bey einer Kälte von 20 Reaumürischen Graden und darüber ein Nichtleiter. Frisches Holz ist ein guter Leiter; recht getrocknet, wird es ein Halbleiter; im Ofen gedörrt, ein Nichtleiter; zu Kohlen gebrannt, ein Leiter; in Asche verwandelt, ein Nichtleiter. Auch läßt es sich nicht im voraus entscheiden, zu welcher von diesen drey Klassen ein Körper gehört, sondern das muß erst durch Versuche ausgemacht werden.

Aus den im vorigen Briefe angegebenen Eigenschaften der Nichtleiter folgt, daß man diese Körper an einzelnen Stellen elektrisiren kann, ohne daß sie dadurch ganz elektrisch werden. Denn da sich die elektrische Materie nicht frey durch sie hindurch bewegen kann, so bleibt sie gleichsam an der Stelle haften, wo man sie durch das Reiben oder ein anderes Mittel hinbringt. Reiben Sie z. B. eine gläserne Röhre oder Platte an dem einen Ende, so können die geriebenen Theile eine starke Elektrizität zeigen, indeß die andern ganz unelektrisch bleiben. Eben so kann man einen elektrisirten Nichtleiter seiner Elektrizität theilweise berauben; denn dieselbe Kraft, welche die elektrische Materie hindert, sich auf einmal durch den ganzen Körper zu verbreiten, hindert sie auch ihn auf einmal zu verlassen. Daher können Sie eine elektrisirte Glasröhre in die Hand nehmen, ohne ihr dadurch alle Elektrizität zu entziehen.

Ganz anders aber verhält es sich mit den leitenden Körpern; in diesen verbreitet sich die elektrische Materie den Augenblick durch den ganzen Körper. Man braucht sie daher nur an einem Theil zu elektrisiren, um sie ganz elektrisch zu machen. So leicht aber, als sie die elektrische Materie aufnehmen, so leicht lassen sie sie auch wieder fahren; und wenn man sie an einer Seite ihrer Elektrizität beraubt, so

verlieren sie sie ganz. Hieraus erklärt es sich, warum ein Funken aus einem elektrisirten Leiter vergleichungsweise viel stärker ist, als aus einem elektrisirten Nichtleiter: dort strömt die elektrische Materie aus dem ganzen Körper mit einmal heraus, hier aber nur aus einem kleinen Theil desselben.

Die vorzüglichsten leitenden Körper, die wir kennen, sind die Metalle. Man kann einen metallenen Drath in vielen Krümmungen winden, die elektrische Materie wird ihm eher durch alle Beugungen folgen, als daß sie in gerader Linie durch einen Nichtleiter oder einen schlechtern Leiter gehen sollte. So könnte man seine Hand oder den ganzen Körper mit Drath umwickeln und diesen darauf elektrisiren, ohne daß man zu besorgen hätte, die elektrische Materie möchte aus dem Drath in den Körper überspringen.

So lange sich die elektrische Materie in dem leitenden Körper fortbewegt, sehen wir sie nicht, es sey denn, daß die Masse des leitenden Körpers zu gering wäre, ihren ganzen Strom zu fassen; so bald sie aber aus einem Leiter in einen andern durch einen nichtleitenden Zwischenkörper, wie die Luft, übergeht, so bald werden wir ein helles Licht gewahr. Hierauf gründen sich einige artige elektrische Spielwerke, z. B. die leuchtende Schrift (Fig. 15). Auf eine Glasplatte AB werden kleine runde Blättchen von Zinnfolie so aufgeklebt, daß immer zwischen

zweyen und zweyen ein kleiner Zwischenraum bleibt, und alle zusammen einen Namen oder ein anderes Wort bilden; von einem Buchstaben zum andern, ingleichen von m nach n und von r nach s werden schmale Streifen von Zinnfolie geführt. Bey den meisten Wörtern ist es nothwendig, einen oder mehrere Buchstaben, oder manche Theile eines Buchstabens auf die andere Seite der Glasplatte zu bringen, damit die elektrische Materie einen jeden Buchstaben ganz durchströme. In der Figur konnte dieß nicht vorgestellt werden. Man faßt darauf die Platte bey s an und hält sie mit dem Punkt m gegen einen stark elektrisirten Leiter, (z. B. gegen eine eiserne isolirte Stange, wie sie in der 12 Fig. vorgestellt ist,) die elektrischen Funken folgen der Leitung der Folie, und wo diese zusammenhängend fortgeht, sehen wir nichts, bey den Uebergängen von einem Blättchen zum andern aber zeigt sich das elektrische Licht; und da diese Uebergänge sehr schnell geschehen, so erscheint das ganze Wort auf einmal leuchtend.

Auf diese Art kann man das elektrische Licht auch andere Figuren darstellen lassen. So hat man gläserne Röhren, an beyden Enden mit messingenen Kapseln versehen, die, wenn sie elektrisirt werden, ein schlangenförmiges Licht zeigen (Fig. 16.). Diese Röhren scheinen von inwendig mit den metallenen Blättchen beklebt zu seyn; dieß ist aber nicht, son-

dern es stecken hier allemal zwey Röhren in einander, von welchen die innere auf ihrer Außenseite beklebt ist.

Unter den leitenden Materien verdient die verdünnte Luft noch besonders erwähnt zu werden. Es ist zwar oben die Luft zu den Nichtleitern gerechnet worden, dieß war aber von der gemeinen atmosphärischen Luft zu verstehen. Die verdünnte Luft ist in Absicht auf die Elektrizität gerade von entgegengesetzter Beschaffenheit. Nehmen Sie z. B. eine gläserne 3 bis 4 Fuß lange Röhre von etwa anderthalb Zoll im Durchmesser, die an dem einen Ende durch einen messingenen Deckel luftdicht verschlossen, und an dem andern in eine messingene Büchse, mit einer kleinen Röhre und einem Hahn, eingekittet ist, damit sie auf eine Luftpumpe geschraubt werden kann; pumpen Sie die Luft so rein als möglich heraus, verschließen Sie den Hahn und lassen alsdenn die elektrische Funken auf den obern Deckel schlagen, indem Sie die Röhre an dem andern Ende in der Hand halten: so werden Sie fühlen, daß die Funken durch die Röhre in die Hand übergehen. Wenn Sie diesen Versuch im Dunkeln anstellen, so wird Ihr Auge zugleich von einer sehr angenehmen Erscheinung überrascht werden: so oft nehmlich ein Funken durchströmt, wird die ganze Röhre inwendig erleuchtet scheinen. Dadurch un-

terscheidet sich die verdünnte Luft von den übrigen Leitern, daß man bey diesen den elektrischen Strom nicht gewahr wird, bey jener aber unter einem sehr hellen Schein erblickt.

Man darf die Röhre auch nur mit der trocknen Hand oder einem Stück Flanell reiben, so wird man sie mit einem Licht, obgleich nicht so stark wie bey der vorigen Behandlungsart, erfüllt sehen. Ueberhaupt so oft gläserne Röhren oder Kugeln, die eine verdünnte Luft enthalten, gerieben werden, erscheint in ihnen ein elektrisches Licht. Hieraus werden Sie im Stande seyn, sich manche leuchtende Erscheinungen selbst zu erklären, da es zu weitläuftig seyn würde, sie hier besonders anzuführen.

Hundert und neun und vierzigster Brief.

So wichtig der Unterschied ist, den man unter den Körpern in Ansehung ihrer Empfänglichkeit für die elektrische Materie wahrnimmt; so merkwürdig ist die Verschiedenheit, die unter den Elektrizitäten selbst Statt findet. Ich meyne hier nicht jene Verschiedenheit, die blos in der Entstehungsart gegründet ist, und nach welcher man ursprüngliche und mitgetheilte Elektrizität unterscheidet, sondern ich verstehe einen wesentlichen Unterschied in der Natur der Elektrizitäten selbst.

Dieser Unterschied wurde zuerst von dû Fay, einem französischen Naturforscher in den Jahren 1730 und etliche entdeckt. Sie erinnern sich noch, daß eine geriebene Glasröhre ein an einem seidenen Faden aufgehängtes Stückchen Goldpapier erst anzieht und dann so lange zurückstößt, bis die Elektrizität in beyden oder in einem von beyden Körpern verschwunden ist. Das nehmliche geschieht, wenn Sie anstatt der Glasröhre eine Stange Siegellack oder Schwefel nehmen; auch diese wird das Goldpapier erst anziehen und dann so lange zurückstoßen, als die Elektrizität in beyden Körpern fortdauert. Dû Fay aber bemerkte zuerst, daß ein leichter Körper, welchen die Glasröhre zurückstieß, von dem

Siegellack sehr stark angezogen wurde, und umgekehrt die Glasröhre einen Körper sehr stark anzog, der von dem Siegellack zurückgestoßen wurde.

Um dieses ganz zu verstehen, stellen Sie sich an den beyden Enden eines horizontalen Stabes AB (Fig. 17.) ein paar Stückchen Goldpapier, C, D, an den seidenen Fäden AC und BD, vor. Nähert man eine geriebene Glasröhre dem Blättchen C, so wird dieses erst angezogen und gleich darauf abgestoßen werden. Eben so wird auf der andern Seite das Blättchen D, wenn man ihm eine geriebene Stange Siegellack nähert, erst angezogen, dann abgestoßen werden. Hält man alsdann wieder die Glasröhre gegen C, so wird dieses sich von ihr zu entfernen suchen. Dasselbe wird der Körper D thun, wenn man das Siegellack gegen ihn hält. Also bringt die Glasröhre ganz dieselben Wirkungen auf der einen Seite hervor, welche das Siegellack auf der andern hervorbringt. Nähert man aber darauf die Glasröhre dem Körper D, so wird man nicht ohne Befremden sehen, daß sie gerade eine ganz entgegengesetzte Wirkung, als das Siegellack, auf ihn äußert und ihn schon in einer beträchtlichen Entfernung anzieht: so wie hinwiederum der Körper C von dem Siegellack mit eben der Stärke angezogen wird, mit welcher die Glasröhre ihn zurückstieß.

Hier sehen wir also zwey Nichtleiter, Glas und Siegellack, die beyde durch Reiben elektrisch gemacht sind, an verschiedenen Körpern ähnliche Erscheinungen hervorbringen, auf ein und denselben Körper aber ganz entgegengesetzte Wirkungen äußern. Dieß ist ein offenbarer Beweis, daß die Elektrizität der Glasröhre und die Elektrizität des Siegellacks unmöglich von einerley Art seyn können.

Dü Fay fand nun nach fernern Untersuchungen, daß alle harzichten Körper, wenn sie auf dieselbe Art, wie das Siegellack, gerieben wurden, auch einerley Elektrizität mit ihm hatten: sie zogen alle einen leichten Körper an, den eine elektrisirte Glasröhre zurückstieß, oder stießen denjenigen zurück, welcher von dieser angezogen wurde. Er glaubte daher, daß die eine Art der Elektrizität den harzichten Körpern, so wie die andern dem Glase eigen wäre, und nannte diese die Glaselektrizität, und jene die Harzelektrizität (électricité vitrée und électricité resineuse.)

Der wesentliche Unterschied zwischen diesen beyden Arten der Elektrizität läßt sich noch auf mancherley Weise darthun. Wenn man ein paar an seidenen Fäden hängende Korkkügelchen durch eine Glasröhre oder durch Siegellack elektrisirt, und dann einandert nähert, so wird man deutlich bemer-

ken, daß beyde sich von einander zu entfernen suchen, oder einander zurückstoßen; so wie in dem vorhin angeführten Versuch die Glasröhre den Körper C und das Siegellack den Körper D zurückstieß. Elektrisirt man aber das eine Kügelchen durch die Glasröhre und das andere durch das Siegellack, so werden sie sich nicht nur merklich anziehen, sondern, was vorzüglich Aufmerksamkeit verdient, nach der Berührung zurückfallen, ohne weiter die geringste Elektrizität zu zeigen. Es folgt daraus, daß die eine Art der Elektrizität die andere vernichtet oder aufhebt.

Diese gegenseitige Wirkung ist zu merkwürdig, als daß ich sie nicht noch durch ein Beyspiel zu erläutern suchen sollte. Sie wissen, daß man einem isolirten leitenden Körper durch eine Glas- oder Schwefelkugel Elektrizität mittheilen kann. (Ich darf mich hier nur auf das berufen, was bereits in den vorhergehenden Briefen zur Erklärung der 12ten Figur gesagt worden ist.) Nimmt man anstatt einer zwey solche Kugeln von einerley Art, so wird die mitgetheilte Elektrizität desto stärker; sind aber die Kugeln von verschiedener Art, die eine von Glas, die andere von Schwefel oder Siegellack, so bleibt der Leiter unelektrisch, weil die Wirkung der einen Kugel die Wirkung der andern aufhebt. Es versteht sich hierbey von selbst, daß die Wirkung

beyder Kugeln ungefähr gleich groß seyn muß; denn hat die eine Kugel eine viel stärkere Elektrizität, so kann diese von der Elektrizität der andern nicht ganz vernichtet, sondern nur verminbert werden; und in diesem Fall erhält der leitende Körper einige Elektrizität, die aber bey weitem nicht so stark ist, als sie es von einer einzigen Kugel gewesen seyn würde. Man hat daher beyde Arten der Elektrizität entgegengesetzte Elektrizitäten genannt, eine Benennung, die aus der Arithmetik entlehnt ist, wo man solche Größen, die zusammengenommen einander vermindern oder aufheben, wie z. B. Vermögen und Schulden, entgegengesetzte Größen zu nennen pflegt.

So gegründet indessen der Unterschied zwischen diesen beyden Arten der Elektrizität ist, so fand man doch bald, daß weder die eine dem Glase, noch die andere dem Harz ausschließend eigen ist, sondern daß ein jeder von diesen Körpern beyde Arten annehmen kann. Reibt man z. B. eine mattgeschliffene Glasröhre mit einem wollenen Lappen, so erhält sie die Harzelektrizität, und Siegellack gegen Schwefel gerieben nimmt die Glaselektrizität an. Ueberhaupt hängt hierbey sehr viel von dem Stoff ab, mit welchem man den Körper reibt; ja bisweilen ist schon ein geringer Unterschied in der Temperatur der Körper oder in dem Druck beym Reiben hinlänglich, die

die eine Art der Elektrizität in die entgegengesetzte zu verwandeln. Aus diesem Grunde hat man die Dufay'schen Benennungen verworfen und dafür lieber diejenigen Beywörter gewählt, wodurch man auch in der Arithmetik die entgegengesetzten Größen unterscheidet: man nennt nehmlich die Glaselektrizität die positive, und die Harzelektrizität die negative Elektrizität. Und da die positiven Größen in den Rechnungen mit einem Kreuz (+), und die negativen mit einem Queerstrich (—) bezeichnet werden, so hat man diese Zeichen auch hier beybehalten, und schreibt +E, wenn man die positive, und —E, wenn man die negative Elektrizität andeuten will. Der Kürze wegen wollen wir diese Bezeichnungsart in der Folge beybehalten.

Hundert und funfzigster Brief.

Was ich in dem vorigen Briefe von der positiven und negativen Elektrizität gesagt habe, wird Sie an die Unterscheidung erinnern, die oben zwischen der Elektrizität, die aus einer vermehrten, und derjenigen, die aus einer verminderten Elastizität des Aethers entsteht, gemacht wurde. Auch Euler nannte jene die positive und diese die negative, und verstand dieselben Arten der Elektrizität darunter, die hier durch diese Ausdrücke bezeichnet werden. Die Beschreibung also, die er dort von den verschiedenen Erscheinungen derselben macht, läßt sich auch hier anwenden, wenn wir gleich von seiner Erklärung abweichen. Wir haben die Elektrizität überhaupt als die Wirkung einer feinen elastischen Substanz, der elektrischen Materie, betrachtet, und können also jetzt die verschiedenen Elektrizitäten, als Wirkungen zweyer verschiedener elektrischen Materien ansehen. Ich muß zwar gleich erinnern, daß viele Physiker nur eine einzige elektrische Materie gestatten, aus deren Vermehrung oder Verminderung sie die Erscheinungen der positiven und negativen Elektrizität zu erklären bemüht sind; aber es ist hier der Ort noch nicht, von diesen Streitigkeiten und Hypothesen zu sprechen; und es ist nicht nothwendig, uns jetzt schon für eine der verschiedenen Meinungen zu

erklären. Sehen Sie die Ausdrücke, positiv- und negativ-elektrische Materie, nicht als Erklärungen, sondern nur als Bezeichnungen der Ursachen von verschiedenen Wirkungen an. Wir wollen für sie dieselben Zeichen, + E und — E gebrauchen, womit die positiven und negativen Elektrizitäten selbst bezeichnet werden. Sie mögen dann in der Folge einem System beytreten, welchem Sie wollen, so wird es Ihnen nicht schwer seyn, die Sprache des einen in die Sprache des andern umzukleiden. Vorhin nahmen wir an, daß die elektrische Materie durch alle Körper unserer Erde verbreitet sey: nun setzen wir, anstatt der einen, zwey elektrische Materien, die in einem jeden Körper von Natur in einem solchen Verhältniß gemischt sind, daß ihre Wirkungen einander aufheben, und der Körper keine Elektrizität zeigt; wird aber dieses natürliche Verhältniß auf irgend eine Weise gestört, so entsteht Elektrizität.

Sie werden fragen, auf welche Weise man die beyden Elektrizitäten unterscheidet, da sie für sich betrachtet in ihren Wirkungen einander so ähnlich sind, oder wie man es erkennen kann, ob ein Körper positiv- oder negativ-elektrisch sey? Dieß kann auf mehr als eine Art geschehen.

Schon in dem 138sten Briefe ist es bemerkt worden, daß die Gestalt des elektrischen Funkens bey den verschiedenen Elektrizitäten verschieden ist. Bey

einem

einem positiv-elektrischen Körper gleicht er einem Feuerbüschel, bey einem negativ elektrischen aber erscheint er wie ein kleiner Stern oder leuchtender Punkt. Man kann also aus der Gestalt des Funkens die Elektrizität eines Körpers beurtheilen. Hierzu wird aber erfordet, daß der Körper auf einer Seite spitzig zugehe; und da dieß vergleichungsweise nur selten der Fall seyn wird, so ist auch dieses Mittel, wie Sie leicht einsehen, nur von sehr eingeschränktem Gebrauch. Unterdessen läßt es sich doch mit gewisser Einschränkung auch auf stumpfe Körper anwenden. Es ist oben in demselben Briefe gesagt worden, daß, wenn man den Finger (und noch besser ist eine metallene Spitze) gegen einen elektrischen Körper hält, sich an dem Finger oder der Spitze ein elektrisches Licht wahrnehmen läßt (Vergl. Fig. 13). Ist der Körper positiv-elektrisch, so erscheint das Licht an der gegen überstehenden Spitze unter der Gestalt eines leuchtenden Punkts; ist er aber negativ-elektrisch, so hat es die Gestalt eines Feuerbüschels. Nach dieser Regel läßt sich also die Art der Elektrizität eines Körpers bestimmen, wenn man eine Spitze gegen ihn hält, und dann auf die Gestalt des elektrischen Lichts an der Spitze Achtung giebt. Doch muß die Elektrizität des Körpers schon beträchtlich seyn, wenn man diese Probe mit Sicherheit anwenden will; und überdieß ist dabey die Un-

bequemlichkeit, daß sie nur im Dunkeln angestellet werden kann.

Ein anderes Mittel zur Unterscheidung beyder Arten der Elektrizität sind die Lichtenbergischen Figuren, die Herr Hofr. Lichtenberg in Göttingen zuerst entdeckt und zu diesem Gebrauch anzuwenden gelehrt hat. Man legt auf eine dünne Scheibe von Harz oder Siegellack einen kleinen metallenen Körper, einen Ring oder ein Metallblättchen, und läßt auf diesen aus dem elektrischen Körper Funken schlagen; alsdenn nimmt man das Metall weg, und bepudert die Stelle mit feingestoßenem Harz oder mit Bärlappsamen (semen Lycopod.); dadurch entsteht eine sternförmige Figur, die, wenn die Elektrizität positiv war, mit einer Menge von Strahlen und ausfahrenden Spitzen versehen ist; war sie aber negativ, so erscheint fast nur ein runder Fleck oder die Strahlen sind so abgerundet und stumpf, daß man sehr leicht beyde Arten von einander unterscheidet, wenn man sie nur einmal gesehen hat. Man kann auch die Scheiben erst bepudern und dann das aufgelegte Metall elektrisiren; der Erfolg bleibt immer der nehmliche.

Es giebt aber noch eine dritte Methode, deren man sich zur Untersuchung der Elektrizitäten am meisten zu bedienen pflegte, und die Ihnen leicht begreiflich seyn wird, wenn ich Sie mit einem Haupt-

gesetz der elektrischen Materie werde bekannt gemacht haben. Dieses Gesetz läßt sich aus dem, was in dem vorigen Briefe von den Wirkungen der entgegengesetzten Elektrizitäten gesagt ist, ohne Schwierigkeit herleiten. Sie haben gesehen, daß, wenn man den kleinen Körper C (Fig. 17.) mit einer geriebenen Glasröhre elektrisirt, er so lange von dieser zurückgestoßen wird, als seine Elektrizität fortdauert; und eben so der Körper D vor der elektrischen Siegellackstange flieht, wenn er sie einmal berührt hat. Hingegen zieht die Glasröhre den Körper D, und das Siegellack den Körper C sehr stark an. Ferner, elektrisirt man zwey Korkkügelchen durch Glas oder durch Siegellack, und nähert sie einander, so stoßen beyde einander ab; wird aber das eine durch Glas, und das andere durch Siegellack elektrisch gemacht, so ziehen sie sich an. Hieraus sehen wir ganz offenbar, daß gleichartig-elektrisirte Körper einander abstoßen, ungleichartig-elektrisirte aber einander anziehen. Man pflegt diesen Satz auch so auszudrücken: gleichartige Elektrizitäten, oder elektrische Materien, stoßen einander ab, ungleichartige hingegen ziehen einander an. Wenn also ein positiv elektrischer Körper gegen einen positiv-elektrischen, oder ein negativ-elektrischer gegen einen negativ-elektrischen ge-

halten wird, so suchen sie sich von einander zu entfernen; wird aber ein positiv- und ein negativ-elektrischer Körper zusammengehalten, so vereinigen sich beyde. Dieses Anziehen und Abstoßen läßt sich, im Vorbeygehen gesagt, nicht aus dem ungleichen Druck der Luft erklären, wie Euler versucht hat; sondern muß als eine Wirkung angesehen werden, die wir zwar deutlich erkennen, aber nicht zu erklären im Stande sind, und die ihren Grund in den besondern Eigenschaften der elektrischen Materien selbst hat.

Vermöge dieses allgemeinen Gesetzes können wir die Elektrizität eines jeden elektrischen Körpers auf eine sehr leichte und bequeme Art untersuchen: wir dürfen ihn nur gegen einen andern elektrischen Körper bringen, dessen Elektrizität uns bekannt ist, und sehen, wie er sich gegen diesen verhält. Wird er von ihm angezogen, so hat er die entgegengesetzte, und wird er abgestoßen, die gleichartige Elektrizität. Die Erfahrung lehrt uns, daß eine gewöhnliche Glasröhre, die mit der trocknen Hand oder einem Stückchen Flanell oder Seide gerieben wird, allezeit die positive, und eine Stange Siegellack, auf eine ähnliche Art gerieben, immer die negative Elektrizität annimmt; diese Körper sind daher ungemein geschickt, gleichsam die Probiersteine der Elektrizitäten abzugeben. Die letztere verdient gewissermaßen noch den Vorzug vor der erstern, weil sie sich be-

quem herumtragen läßt und nicht so zerbrechlich ist. Will man also sehen, ob ein Körper positiv- oder negativ-elektrisch ist, so hält man die geriebene Siegellackstange gegen ihn: wird er von ihr angezogen, so ist er positiv-elektrisch, wird er aber abgestoßen, so ist seine Elektrizität negativ. Wenn der Körper durch seine Gestalt oder Lage verhindert wird, sich von der Stelle zu bewegen, so darf man ihm nur anstatt des Siegellacks einen leichten, an einem seidenen Faden hängenden, Körper, z. B. ein Korkkügelchen, nähern, das man vorher durch das Siegellack elektrisirt hat; oder umgekehrt, man läßt das Korkkügelchen durch den Körper elektrisiren, und hält es gegen das Siegellack oder gegen ein anderes, durch das Siegellack elektrisirtes, Korkkügelchen; aus der Bewegung dieser Kügelchen läßt sich dann die Elektrizität des Körpers erkennen.

Hundert und ein und funfzigster Brief.

Das Gesetz, daß gleichartige Elektrizitäten einander abstoßen, und ungleichartige einander anziehen, ist für die ganze Lehre von der Elektrizität von der äußersten Wichtigkeit. Eine große Anzahl elektrischer Erscheinungen erhält daraus ihr Licht, und es hat nicht nur eine Menge elektrischer Spielwerke, sondern auch eines der nützlichsten und brauchbarsten Instrumente hervorgebracht.

Von jenen erlaubt mir der Raum nur einige wenige anzuführen, die, wie ich glaube, etwas dazu beytragen können, Sie mit der Wirkungsart der Elektrizität noch genauer bekannt zu machen. Zuerst das elektrische Glockenspiel (Fig. 18). Es besteht aus drey Glöckchen A, B, C, von welchen die beyden äußern A und C an kleinen metallenen Ketten, die mittlere, B, aber an einer seidenen Schnur befestigt sind; zwischen den Glöckchen hängen, gleichfalls an seidenen Schnüren, die metallenen Kügelchen m und n. Von der mittlern Glocke B geht eine metallene Kette BG auf den Boden. Der schmale Streifen DE, von welchem die Glocken nebst den Kügelchen herunter hängen, und der Haken F sind auch von Metall. Hängt man diese Glöckchen an einen isolirten Leiter, und elektrisirt diesen, so

spielen die Kügelchen zwischen den Glöckchen hin und her, und verursachen ein Geklingel. Die elektrische Materie geht aus dem Leiter durch den Haken F, durch den Streifen DE und durch die Ketten DA und EC in die Glocken A und C, und macht diese elektrisch. In die mittlere Glocke B aber, so wie in die Kügelchen m und n, kann sie nicht dringen, weil diese durch die seidenen Schnüre isolirt sind. Die elektrisirten Glocken A und C ziehen die Kügelchen an sich, theilen ihnen von ihrer Elektrizität mit, und stoßen sie gleich darauf wieder ab. Die Kügelchen fliegen nach B, entladen sich hier ihrer Elektrizität, und werden dann von neuem angezogen und abgestoßen u. s. w. Durch das Zurückprallen wird ihre Geschwindigkeit beträchtlich vermehrt, und so entsteht ein lebhaftes Geklingel. Die Kette BG dient dazu, die elektrische Materie, die durch die Kügelchen in B abgesetzt wird, gleich wieder wegzuführen, weil sonst diese Glocke auch elektrisch werden und die Kügelchen zurückstoßen würde. Nehmen Sie daher die Kette weg, so hört das Geläute bald auf.

Wenn mehrere leicht bewegliche zusammen verbundene Körper zugleich elektrisirt werden, so stoßen sie sich unter einander selbst ab. So breiten sich z. B. Büschel von Federn, Haaren, metallenen oder gläsernen Fäden auseinander; selbst die Haare bey einem isolirten Menschen (s. 137sten Brief) sträuben

sich empor. Etwas ähnliches geschieht bey flüssigen Materien; auch hier haben die einzelnen Theile ein Bestreben, sich von einander zu entfernen. Man elektrisire z. B. einen mit Wasser getränkten Schwamm, so wird das Wasser aus ihm herausfließen, wenn gleich vorher kein Tropfen herabfiel. Denn vorher wurde das Wasser durch die Anziehung des Schwammes und durch den Zusammenhang seiner eigenen Theile zurückgehalten; jetzt aber werden die elektrisirten Wassertropfen sowohl von einander selbst, als von dem Schwamm zurückgestoßen, und daher fließen sie ab. Noch deutlicher zeigt sich diese Wirkung der Elektrizität, wenn man elektrisirtes Wasser durch eine enge gläserne Röhre gehen läßt, durch die es im natürlichen Zustande kaum tropfenweise fließt; denn es rinnt nicht nur in einem zusammenhängenden Strom heraus, sondern der Hauptstrahl zertheilt sich noch in mehrere auseinanderfahrende Strahlen, die, bey einer starken Elektrizität, im Dunkeln leuchten, und ein schönes Schauspiel gewähren.

Auch verdient folgender Versuch erwähnt zu werden: Man lasse in ein gewöhnliches Wein- oder Bierglas, das man sorgfältig gereinigt und trocken gemacht hat, eine Kette bis auf den Boden gehen, und elektrisire sie; darauf stülpe man das Glas über etliche Kügelchen von Holundermark, so wird man

diese auf- und niederhüpfen sehen. Die Elektrizität des Glases zieht nehmlich die Kügelchen wechselsweise an und stößt sie wieder ab. Nimmt man anstatt der Kügelchen Sägespäne, so entsteht der elektrische Regen. Man darf aber nicht vergessen, die Sägespäne, oder die Kügelchen auf einen stark leitenden Körper, wie eine metallene Platte, zu legen, damit sie sich, so oft sie zurückgestoßen werden, der elektrischen Materie wieder entladen können, die ihnen von dem Glase mitgetheilt ward. Denn wollte man sich einer Glasplatte bedienen, so würden die Körperchen zwar angezogen und zurückgestoßen, aber nicht von neuem angezogen werden, weil das Glas, als ein Nichtleiter, ihre elektrische Materie nicht wegführen könnte. Dieser Versuch dient zugleich zum Beweis, daß die Nichtleiter sehr gut durch Mittheilung elektrisirt werden können; denn das Glas erhält hier seine Elektrizität nicht durch Reiben, sondern vermittelst der Kette.

Auf denselben Grundsätzen, auf welche diese Versuche gegründet sind, beruht die Einrichtung des Elektrometers oder Elektrizitätsmessers, eines überaus nützlichen Instruments, das man aber richtiger einen Elektrizitätszeiger nennt, weil es noch nicht so weit vervollkommet ist, die Grade der Elektrizität zu messen, sondern nur die Gegenwart der Elektrizität in einem Körper, und höch-

stens ihre größere oder geringere Stärke anzeigt. Es giebt jetzt sehr viele Arten von Elektrometern, die zu den besondern Zwecken, zu welchen sie bestimmt sind, besondere Einrichtungen haben; ich werde hier nur die gewöhnlichsten beschreiben.

Das einfachste ist das Cantonsche, welches aus einem leinenen etwa einen Fuß langen Faden besteht, an dessen beyden Enden sich ein paar Kügelchen von Kork oder Holundermark befinden. Man hängt es an dem Körper, dessen Elektrizität man beobachten will, so auf, daß die beyden Kugeln einander berühren. Wird nun der Körper elektrisch, so theilt sich seine Elektrizität durch die Fäden den Kugeln mit, und weil gleichartige Elektrizitäten einander abstoßen, so fahren die Kugeln aus einander. Dieses Auseinanderfahren also ist ein Beweis von der Elektrizität des Körpers; und je weiter sich die Kugeln von einander entfernen, desto stärker ist die Elektrizität. Kleine Grade der Elektrizität lassen sich durch dieses Elektrometer nicht bemerken.

Ohne Vergleich empfindlicher und künstlicher ist das Elektrometer von Cavallo (Fig. 19). ABCD ist ein gläsernes Gefäß mit einem messingenen Boden; inwendig hängen ein paar sehr kleine Korkkügelchen an silbernen Fäden, so daß sie sich leicht bewegen können; die Fäden stehen durch einen Drath mit der messingenen Haube E in Verbindung; mn,

mn sind schmale Streifen von Zinnfolie, die bis auf den Boden gehen. Man bringt den Körper, dessen Elektrizität untersucht werden soll, mit der Haube E in Verbindung; die Elektrizität theilt sich den Kugeln mit, und diese fahren auseinander. Durch die Zinnfolie wird verhütet, daß sich die Kugeln bey einer starken Elektrizität nicht an das Glas anhängen.

Noch mehr rühmt man seiner Empfindlichkeit wegen das Bennetsche Elektrometer, das dem vorigen ähnlich ist. Anstatt des glockenförmigen Gefäßes hat dieses ein zylindrisches Glas, und statt der Fäden und Kugeln hängen ein paar schmale Streifen von Blattgold neben einander.

Endlich darf ich das Henly'sche Quadrantenelektrometer nicht unerwähnt lassen (Fig. 20). An einer kleinen hölzernen Säule AB, die entweder in einem Fußgestelle steht, oder mit ihrem unten spitzig zugehenden Ende unmittelbar in eine Oeffnung des elektrisirten Körpers gesteckt werden kann, ist oben zur Seite eine halbe Zirkelfläche C von Elfenbein befestigt, deren Rand, wie jeder Kreis, in 180 Grade eingetheilt ist. In dem Mittelpunkt derselben befindet sich die messingene Achse des Zeigers, der aus einem dünnen Hölzchen, am Ende mit einer Korkkugel versehen, besteht. Bey dem Elektrisiren dringt die elektrische Materie sowohl in die Säule,

als in den Zeiger, und daher wird dieser abgestoßen, und giebt die Grade an, woraus man die Stärke der Elektrizität ungefähr beurtheilen kann.

Sie werden leicht einsehen, wie man durch diese Instrumente auch sehr bequem die Art der Elektrizität eines Körpers untersuchen kann. Wenn die Korkkugeln oder Goldblättchen einander abgestoßen haben, darf man ihnen nur eine schwach geriebene Glasröhre oder Siegellackstange nähern; fahren sie alsdenn noch weiter auseinander, so haben sie einerley Elektrizität mit dem geriebenen Körper; fallen sie aber zusammen, so haben sie die entgegengesetzte Elektrizität.

Hundert und zwey und funfzigster Brief.

Die Versuche, von denen ich in den vorhergehenden Briefen gesprochen habe, lassen sich am besten durch Hülfe einer Elektrisirmaschine anstellen, welcher überhaupt unter den elektrischen Instrumenten der erste Platz gebührt. Es ist auch in den Eulerischen Briefen schon einigemal von ihr die Rede gewesen, und die zwölfte Figur giebt eine Abbildung von ihr; aber sie ist weder ausdrücklich genannt, noch gehörig beschrieben worden. Daher glaube ich nichts überflüssiges zu thun, wenn ich Ihnen jetzt die Einrichtung derselben etwas genauer erkläre.

Nichts kann mannichfaltiger seyn, als die verschiedenen Elektrisirmaschinen, die man bis jetzt erfunden hat; ich glaube nicht zu viel zu sagen, wenn ich behaupte, daß es wenigstens funfzig verschiedene Arten derselben giebt; es würde aber ein sehr vergebliches Unternehmen seyn, sie Ihnen alle beschreiben zu wollen. Hier kommt es uns nur darauf an, das Wesentliche dieser Maschinen, worin alle, so verschieden sie auch seyn mögen, übereinkommen müssen, kennen zu lernen. Damit aber meine Beschreibung nicht undeutlich werde, so will ich eine bestimmte Art derselben dabey zum Grunde legen; diese mag die 12te Figur vorstellen.

Zu einer jeden Elektrisirmaschine gehört

I. ein nichtleitender Körper, der durch Reiben elektrisch gemacht werden kann. Einer der besten Nichtleiter ist das Glas, und daher wird dieses von den meisten zu den Elektrisirmaschinen genommen. Man hat sich aber auch anderer nichtleitender Materien mit sehr gutem Erfolge bedient, z. B. des Schwefels, des Siegellacks, des Gummilacks, der wollenen und seidenen Zeuge, der Katzen- und einiger andern Thierfelle und selbst der hölzernen Breter, die im Ofen gedörrt und mit Firniß überzogen waren. — Dieser Nichtleiter muß eine solche Gestalt bekommen, daß er bequem um eine Achse gedreht und gegen einen andern Körper gerieben werden kann. In unserer Figur stellt die Kugel G, die man sich von Glas oder Schwefel gedenken kann, und die sich um die Achse AB bewegt, den Nichtleiter vor. Noch besser ists, wenn man dem Glase eine länglichtrunde oder walzenförmige Gestalt giebt. Andere geben ihm auch die Form einer runden Scheibe, deren Gebrauch aber wegen ihrer Zerbrechlichkeit große Vorsicht erfordert. Bey einem walzenförmigen Nichtleiter ist es gut, wenn die Achse nicht durchgehet.

II. Das zweyte wesentliche Stück ist das Reibzeug, oder derjenige Körper, gegen welchen der erstere gerieben wird. Auf diesen Theil der Maschine

wenden die Physiker jetzt die größte Sorgfalt, weil von ihm die Stärke der Elektrizität vorzüglich abhängt. Sowohl leitende, als nichtleitende Materien sind geschickt dazu. Bey Kugeln oder Zylindern von Glas oder Schwefel kann die trockne Hand schon die Stelle des Reibzeugs vertreten. Gemeiniglich aber bedient man sich hierzu eines Kissens (in unserer Figur C), das aus einem kleinen Bret, oder besser einer metallenen Platte besteht, die mit Pferdehaaren überdeckt, und mit Leder überzogen ist. Um die Wirkung dieses Kissens zu verstärken, überzieht man die hintere Seite des Leders mit Blattgold oder Zinnfolie, und mischt unter die Haare Schnitzeln von Knittergold. Auch pflegt man auf das Kissen ein Amalgama *) von Queckſilber und Zink aufzutragen. Herr Hofr. Lichtenberg empfiehlt folgendes Verfahren: „Man verfertigt ein Amal„gama aus 5 Theilen Queckſilber und 1 Theil Zink „und etwas wenigem gelben Wachs, dieses trägt „man vermittelst ein wenig Schweinenschmalz auf „ein Stück Leder, nimmt das Kissen ab, und reibt „damit die Kugel gut durch; alsdann bringt man

*) Das Queckſilber hat die Eigenschaft, sich mit den meisten Metallen zu verbinden, und mit ihnen eine Art von Teig zu bilden, der zwar weich, aber nicht zähe und dehnbar ist. Eine solche Mischung nennt man in der Chymie ein Amalgama.

„das Kissen, auf welches man gar nichts streicht, „wieder an.“ — Bey den Wollen- und Seidenzeugmaschinen, wie auch bey den Maschinen aus gedörrtem Holz, pflegt das Reibzeug ein ausgespannter Katzen- oder Hasenbalg zu seyn. Dieses Reibzeug muß nun so befestigt werden, daß es gelinde gegen den Nichtleiter drückt, damit derselbe beym Umdrehen gerieben wird. In unserer Figur wird es durch eine Stahlfeder an die Kugel angedrückt, bey guten Maschinen aber ist entweder anstatt der Stahlfeder ein Zylinder von solidem Glas, wodurch das Reibzeug isolirt wird, oder das Reibzeug wird mit der Stahlfeder zugleich isolirt. Noch muß ich erinnern, daß bey einem guten Reibzeug alle Kanten oder scharfen Ecken sorgfältig vermieden werden müssen.

III. Zum dritten hat man den Conduktor zu merken, der auch der Hauptleiter oder der erste Leiter genannt wird. Dieß ist, wie es schon der Name lehrt, allemal ein leitender Körper, der dazu dient, die elektrische Materie, die sich durch das Reiben um den Nichtleiter sammelt, aufzunehmen. Sie merken wohl, daß in unserer Figur die eiserne Stange FG den Conduktor vorstellt. Besser und bequemer aber ist dafür ein Zylinder aus Kupfer- oder Eisenblech, oder von Pappe mit Stanniol überzogen, ungefähr so, wie ihn die 21ste Figur vorstellt. Dieser muß an dem Ende, welches gegen

den

den Nichtleiter gekehrt ist, mit einer Reihe Spitzen, mn, wofür man auch Flittern von Knittergold nehmen kann, versehen seyn; und diesen Theil nennt man mit einem besondern Namen den Collektor oder Zuleiter. An dem andern Ende aber wird noch ein kleiner Zylinder rs mit einer Kugel befestigt.— Der Conduktor muß isolirt seyn, damit die elektrische Materie sich in ihm aufhäufen und verdichten kann, und nicht gleich durch ihn in die Erde fließt. Daher ist schon oben bemerkt worden, daß man die eiserne Stange in seidenen Bändern aufhängen müsse. Dasselbe muß mit dem eben beschriebenen Zylinder geschehen; noch lieber aber läßt man diesen auf gläsernen Füßen ruhen. Auch bey dem Conduktor gilt dieselbe Vorsichtsregel, wie bey dem Reibzeug, daß, die Spitzen des Zuleiters ausgenommen, keine scharfen Ecken übrig gelassen werden.

Diese drey Stücke machen die vornehmsten Bestandtheile einer jeden Elektrisirmaschine aus: der Nichtleiter, das Reibzeug, und der Conduktor — die auf eine sehr mannichfaltige Weise mit einander verbunden seyn können. Wünschen Sie eine wohlfeile, nicht leicht zerbrechliche und doch wirksame Maschine zu haben, so empfehle ich Ihnen die Wollenzeugmaschine, deren Erfinder der Herr Legationsrath Lichtenberg in Gotha ist. Hier besteht der Nichtleiter aus einem über ein paar runde

Breter gezogenen Stück Wollenzeug und das Reibzeug aus einem ausgespannten Katzenbalg. Der Zylinder, der zur Haltung des Reibzeugs dient, ist von Glas. Uebrigens ist das Gestell von Eichen- oder einem andern festen Holz.

Beym Gebrauch der Elektrisirmaschine ist es eine wichtige Regel, dafür zu sorgen, daß alles gehörig trocken sey, weil der Elektrizität nichts mehr entgegen ist, als die Feuchtigkeit. Zu diesem Ende ist es sehr gut, den Nichtleiter, das Reibzeug und die isolirenden Füße des Conduktors zu erwärmen; doch muß man sich hüten, den Nichtleiter allzu warm zu machen, weil dieß der Elektrizität ebenfalls nachtheilig seyn würde. Man pflegt auch die isolirenden Glasstäbe durch einen Ueberzug von Firniß oder Lack vor dem Ansetzen der Feuchtigkeit zu bewahren; und aus demselben Grunde überzieht man bey den Glasmaschinen auch die gläsernen Kugeln oder Zylinder inwendig mit Pech oder mit Terpentin, oder noch besser mit einer Mischung von 4 Theilen venetianischen Terpentin, 1 Theil Wachs und 1 Theil Pech. Diese Mischung wird 2 Stunden lang über einem gelinden Feuer gekocht und umgerührt. Man läßt dann die Masse erhärten, wirft einen Theil davon in das Glas, und dreht dieses langsam und vorsichtig am Feuer um, daß der Kütt zergeht, und sich ringsum in der Dicke eines Kartenblatts anlegt. — Nicht

selten setzen sich Staub und andere Unreinigkeiten an den Nichtleiter und die übrigen Theile der Elektrisirmaschine, und schwächen die Elektrizität. Man hat daher immer darauf zu sehen, daß diese Hindernisse weggeschafft werden. Andere Vorsichtsregeln und Vortheile lehrt der Gebrauch am besten.

Von der Wirkungsart der Elektrisirmaschine werde ich in dem nächsten Briefe das Vergnügen haben, Sie zu unterhalten.

Hundert und drey und funfzigster Brief.

Ehe ich mein Versprechen erfüllen und Ihnen die Art und Weise, wie die Elektrisirmaschinen wirken, erklären kann, muß ich Sie an dasjenige erinnern, was ich von dem natürlichen Verhältniß der elektrischen Materien in den Körpern gesagt habe. Beyde elektrische Materien sind durch alle Körper unserer Erde verbreitet; ein jeder Körper hat von Natur seinen bestimmten Antheil davon, er zeigt aber in seinem natürlichen Zustande keine Elektrizität, weil die elektrischen Materien in einem solchen Verhältniß in ihm gemischt oder vereinigt sind, daß sie, wie man sagt, einander **binden**, oder ihre Wirkungen einander aufheben. Wird aber dieses Verhältniß

auf irgend eine Art gestört, und das +E oder das —E gewinnt gleichsam die Oberhand, oder wird, wie man sich ausdrückt, frey; so wird der Körper elektrisch, und zwar in dem ersten Fall positiv, in dem andern negativ. Dieß kann, wie man leicht einsieht, auf eine doppelte Art geschehen: entweder dadurch, daß der Körper einen Zuwachs von + oder —E erhält, oder dadurch, daß ihm ein Theil seines natürlichen + oder —E entzogen wird. Die frey gewordene elektrische Materie sucht sich mit der entgegengesetzten Materie der benachbarten Körper zu verbinden, um sich mit ihr zu sättigen, und das natürliche Verhältniß wieder herzustellen; sie dringt daher entweder in die benachbarten Körper, oder zieht die entgegengesetzte Materie aus diesen an sich. Wahrscheinlicher Weise geschieht immer beydes zugleich.

Dieß vorausgeschickt, werden Sie ohne Mühe begreifen, wie man sich gegenwärtig die Wirkungsart einer Elektrisirmaschine vorstellt. Der Nichtleiter, das Reibzeug, der Conduktor und alle übrigen Theile der Maschine, haben von Natur ihren bestimmten Antheil von +E und —E, jedoch so mit einander vermischt, daß wir ihre Gegenwart nicht bemerken. Wird nun die Maschine in Bewegung gesetzt, so bewirkt das Reiben in dem Nichtleiter und in dem Kissen eine Trennung ihrer elektrischen M

rien, und der Nichtleiter entzieht dem Kissen einen Theil seines + oder —E. Dadurch wird das natürliche Verhältniß zwischen den elektrischen Materien des Nichtleiters aufgehoben, er erhält einen Ueberfluß an + oder —E, und wird dadurch elektrisch. Die überflüssige elektrische Materie sucht sich mit dem entgegengesetzten E der benachbarten Körper zu verbinden; wären dieß lauter Nichtleiter, wie die Luft, so könnte sie eben so schwer etwas aus ihnen an sich ziehen, als in sie übergehen; sie würde sich bis auf einen gewissen Grad anhäufen, und dann allmählig in die Luft überfließen. Da hier aber der leitende Conduktor in ihre Nähe gebracht ist, so geht sie mit großer Leichtigkeit in diesen über. Bey fortgesetztem Umdrehen entzieht der Nichtleiter dem Reibzeug immer mehr von seiner elektrischen Materie, und würde es daher bald erschöpfen, wofern es nicht ununterbrochen neuen Zufluß erhielte. Allein so wie es durch den Nichtleiter eines Theils seiner elektrischen Materie beraubt wird, so zieht es aus den benachbarten Körpern eben so viel wieder an sich, wenn es anders nicht mit lauter Nichtleitern umgeben, oder isolirt ist. Wäre dieß, so könnte es keinen, oder doch nur einen sehr geringen Zufluß erhalten, und also auch nur wenig an den Nichtleiter abgeben. Daher würde in diesem Fall die erregte Elektrizität sehr schwach seyn, und Sie sehen daraus die Noth-

wendigkeit, das Kissen durch einen leitenden Körper, wie z. B. eine metallene Kette oder einen Drath, mit der Erde in Verbindung zu bringen.

Aber, werden Sie sagen, warum soll denn also das Kissen bey guten Maschinen, wie im letzten Briefe behauptet wurde, durch einen gläsernen Zylinder isolirt seyn, wenn man es doch durch eine Kette mit der Erde in Verbindung bringen muß? Um diese Frage zu beantworten, lassen Sie uns einmal betrachten, was bey dem Umdrehen des Nichtleiters in dem Kissen vorgeht. Wenn es durch das Reiben einen Theil seines + oder —E verliert, so wird auch bey ihm das natürliche Verhältniß zwischen den elektrischen Materien aufgehoben, und es wird dadurch elektrisch. Seine Elektrizität aber muß gerade die entgegengesetzte von der Elektrizität des Nichtleiters seyn. Denn wird ihm von dem Nichtleiter z. B. sein +E entzogen, so gewinnt das —E bey ihm die Oberhand, und es wird negativ elektrisch, indeß der Nichtleiter die positive Elektrizität erlangt. Ueberdieß so wie der Nichtleiter dem Kissen das +E entzieht, so entzieht das Kissen jenem hinwiederum das —E; beyde Körper wirken gegenseitig auf einander, und vertauschen gleichsam ihre elektrischen Materien. Empfängt der Nichtleiter aus dem Kissen +E, so giebt er ihm dafür sein —E, und umgekehrt. Die Elektrizität des Kissens kann aber

nicht merklich werden, so lange es nicht isolirt ist, weil es ununterbrochen die entgegengesetzte Materie aus der Erde an sich zieht, wodurch die Wirkung seines + oder — E gehemmt wird. Isolirt man es aber, so kann die elektrische Materie, die es aus dem Nichtleiter erhält, in ihm aufgehäuft, und von ihm wieder auf andere Körper übergeleitet werden. In diesem Fall aber muß man den Nichtleiter auf irgend eine Art durch leitende Körper mit der Erde in Verbindung bringen, damit er eine hinreichende Menge von elektrischer Materie an das Kissen abgeben könne. Es lassen sich also beyde Arten der Elektrizität durch eine solche Maschine hervorbringen — je nachdem man den Körper, den man elektrisiren will, mit dem Nichtleiter, oder mit dem Kissen in Verbindung bringt — aber freylich nicht zu gleicher Zeit; denn wenn man einen Körper durch den Nichtleiter elektrisiren will, so muß man das Reibzeug mit der Erde in Verbindung bringen, und also die Isolirung aufheben; und will man ihn durch das Reibzeug elektrisiren, so muß man den Nichtleiter mit der Erde verbinden. Unterläßt man diese Vorsicht, so wird man zwar beyde Elektrizitäten zu gleicher Zeit erhalten, aber beyde werden sehr schwach seyn.

Durch die Isolirung des Reibzeugs erlangt man also den wichtigen Vortheil, daß man mit ein und

ebenderselben Maschine beyde Arten der Elektrizität hervorbringen kann. Giebt der Nichtleiter die positive Elektrizität, wie bey allen Glasmaschinen, so bringt das Kissen die negative hervor: und ist die Elektrizität des Nichtleiters negativ, wie bey den Wollen- und Seidenzeugmaschinen, so erhält man durch das Kissen die positive.

Die elektrische Materie, die der Nichtleiter aus dem Reibzeug empfängt, geht durch den Zuleiter in den Conduktor, und da dieser isolirt ist, so häuft sie sich in ihm an, und macht ihn elektrisch. Er erhält also dieselbe Elektrizität, die der Nichtleiter hat, nehmlich bey den Glasmaschinen die positive, und bey den Zeugmaschinen die negative. Von hier kann nun die elektrische Materie überall hingeleitet werden. Hält man den Finger oder einen andern leitenden Körper, der aber nicht spitzig seyn darf, gegen den Conduktor, so fährt ein starker Funken aus dem einen Körper in den andern. Die Entfernung, in welcher dieß geschieht, heißt die Schlagweite. Sie ist desto größer, je stärker die Maschine ist. Bey gewöhnlichen Maschinen beträgt sie ein paar Zoll; man hat aber welche, wo sie auf 2 Fuß steigt. Schon bey jenen kann man sehr deutlich sehen, daß der Funken hier nicht in gerader Linie geht, sondern ein ähnliches Zickzack, wie der Blitz, beschreibt.

Die größte und wirksamste Maschine, die man gegenwärtig kennt, ist die, welche sich in dem Teylerischen Museum zu Haarlem befindet. Sie ist von Herrn Mechanikus Cuthberson in Amsterdam verfertigt, und durch die von Herrn van Marum damit angestellten Versuche sehr berühmt geworden. Der Nichtleiter besteht hier aus zwey großen parallelen Glasscheiben, jede von 65 englischen Zollen im Durchmesser. Sie stehen $7\frac{1}{2}$ Zoll von einander ab, und werden an 8 Kissen gerieben. Zwey, und bey längerer Dauer vier, Personen gehören dazu, um sie zu drehen. Die Schlagweite beträgt zwey Fuß, oder der Funke, der aus dem Conduktor gezogen wird, und den man hier mit größerm Recht einen Strahl nennt, ist zwey Fuß lang und von der Dicke eines Federkiels; aus seinen Krümmungen schießen mehrere kleinere Strahlen von 7 — 8 Zoll zur Seite heraus. Es würde gefährlich seyn, einen solchen Strahl mit dem Körper aufzufangen, da man hingegen bey gewöhnlichen Maschinen den Finger ohne Bedenken dem Conduktor nähern kann. Den angestellten Versuchen zufolge zündet dieser einfache Strahl Pulver, Schwamm, Terpentinöl und andere brennbare Materialien an, und sogar ein 20 Zoll langer und $1\frac{1}{2}$ Linien breiter Streifen von Blattgold wurde durch ihn geschmolzen. Der elektrische Büschel aus einer metallenen Kugel von $4\frac{1}{2}$ Zoll war 15 — 16 Zoll

lang und eben so breit. Ein einziger Funken, der auf einen über 200 Fuß langen und $\frac{1}{100}$ Zoll dicken eisernen Drath geleitet wurde, überstreute den Drath auf allen Seiten mit 1 Zoll langen Strahlen, so daß er ganz von Licht umflossen zu seyn schien.

Unstreitig kann eine solche Maschine dem Auge die sehenswürdigsten Erscheinungen darstellen; inzwischen sind auch schon unsere kleinen Maschinen hinreichend, uns zu lehrreichen und wichtigen Erfahrungen zu führen.

Hundert und vier und funfzigster Brief.

Es ist, wie ich Ihnen gesagt habe, eine nothwendige Eigenschaft eines guten Conduktors, daß er keine scharfen Ecken habe; und besonders muß die vorn befindliche Kugel recht glatt und polirt seyn. Wollten Sie an diese Kugel eine metallene Spitze befestigen, in der Meinung, die elektrische Materie hier wie in einen Brennpunkt zu vereinigen, und dadurch einen desto stärkern und längern Funken zu erhalten, so würden Sie sich in Ihrer Erwartung sehr getäuscht finden. Sie würden einer solchen Spitze den Finger umsonst bis auf die gewöhnliche Schlagweite nähern, es würde kein Funken erfolgen; nur dann erst, wenn

Sie ihn beynahe ganz dicht daran hielten, würden Sie kleine Funken bemerken, die mit den gewöhnlichen in keine Vergleichung kommen könnten.

Die Ursache hiervon liegt nicht darin, daß die elektrische Materie nicht bis in die Spitze dränge, oder aus dieser nicht so gut, als aus einer glatten Kugelfläche herausbräche; im Gegentheil strömt sie vielmehr der Spitze mit einer großen Heftigkeit zu, wird aber von ihr so schnell in die Luft abgeleitet, daß sie sich nicht wie bey einer Kugel anhäufen und verdichten kann. Daher werden Sie anstatt des Funkens sehr deutlich einen leisen Wind verspüren, der aus der Spitze gegen den Finger bläst; und im Dunkeln wird sich ein Licht an der Spitze zeigen, das entweder die Gestalt eines Büschels oder eines Sterns hat, je nachdem die Elektrizität des Conduktors positiv oder negativ ist. Zu gleicher Zeit werden Sie aus jeder andern Stelle des Conduktors nur sehr schwache Funken erhalten, zum Beweis daß die elektrische Materie größtentheils aus der Spitze abfließt.

Diese merkwürdige Erscheinung hat die Physiker anfangs in nicht geringe Verwunderung gesetzt. Man sah daraus, daß die Spitzen die besondere Wirkung haben, die elektrische Materie sehr stark, aber in der Stille wegzuführen; und ob man gleich nicht im Stande war, die Ursache davon anzugeben, so

wußte man doch, wie Sie in der Folge sehen werden, sehr wichtige Vortheile aus dieser Beobachtung zu ziehen.

Hieraus erhellt es, warum man an dem Conduktor sowohl, als an dem Reibzeug alle scharfen Ecken vermeiden muß; weil sonst durch sie die elektrische Materie zum Theil wegströmen, und dadurch die Wirkung der Elektrizität geschwächt werden würde.

Was den Wind anbetrifft, von dem ich vorhin sagte, daß man ihn bey den Spitzen bemerkt, so sind die Physiker über die Ursache desselben getheilt. Einige leiten ihn von der ausströmenden elektrischen Materie selbst her, andere sehen ihn blos für einen Zug der Luft an. Durch die ausströmende Materie nehmlich wird die um die Spitze befindliche Luft elektrisirt, und erlangt eine gleiche Elektrizität mit der Spitze; da nun gleichartige Elektrizitäten einander abstoßen, so stößt die Spitze die Luft zurück; sogleich dringt von allen Seiten neue Luft an die Stelle der vertriebenen, diese wird ebenfalls elektrisirt und zurückgestoßen u. s. w. Dadurch entsteht dann jener Luftzug oder Wind.

Hierauf gründet sich das bekannte elektrische Flugrad (Fig. 22.) und mit diesem mehrere elektrische Kunstwerke. Es besteht aus zwey spitzigen in der Mitte unter rechten Winkeln verbundenen Messingdräthen, ab, cd, deren Spitzen alle nach einer

Seite rechtwinklicht umgebogen sind. In der Mitte e ist ein kleines Hütchen, damit das Kreuz, nach Art der Magnetnadel, auf einen Stift ef, der mit dem untern Ende auf den Conduktor gesteckt wird, gelegt werden kann. Wird nun der Conduktor elektrisirt, so strömt die elektrische Materie aus den Spitzen des Flugrades aus, und da die elektrisirte Luft dem Stoß nicht so leicht nachgiebt, so werden die leicht beweglichen Spitzen selbst zurückgestoßen. Das Rad fängt also an, sich nach der Ordnung der Buchstaben acbd herum zu drehen, und nach und nach wird seine Bewegung so schnell, daß es im Dunkeln einen völligen Kreis von elektrischem Licht bildet. Diese Bewegung ist stark genug, um andere leicht bewegliche Räder in Bewegung zu setzen; und so hat man den elektrischen Kegelschieber, das Glockenspiel, das Lieder spielt, und andere sinnreiche Spielwerke zusammengesetzt.

Die metallenen Spitzen haben aber nicht nur die Eigenschaft die elektrische Materie sehr schnell abzuleiten, sondern, was Ihnen fast noch auffallender scheinen wird, auch die Kraft, sie eben so schnell wieder einzusaugen. So wenig Sie aus einem spitzigen Conduktor in der gewöhnlichen Schlagweite einen Funken ziehen können, so wenig können Sie es mit einer Spitze aus einem stumpfen und noch so gut polirten Conduktor. Die Schlagweite bey der

großen Cuthbersonschen Maschine, deren im letzten Briefe gedacht ist, beträgt 24 Zoll oder zwey Fuß; gegen eine scharfe stählerne Spitze aber erhält man nur Funken von einem halben Zoll. Und dieß rührt nicht etwa daher, weil die Spitze zu klein ist, um die elektrische Materie aus dem Conduktor heraus zu locken, sondern blos, weil sie sie ihm mit einer solchen Schnelligkeit entzieht, daß kein Funken entstehen kann. Um sich hiervon zu überzeugen, darf man nur einen stumpfen leitenden Körper zugleich mit der Spitze gegen den Conduktor halten. Wäre die Wirkung der Spitze für nichts zu achten, so müßte nothwendig der Funken auf den stumpfen Körper schlagen; das geschieht aber nicht. Ja was die Wirkung der Spitzen noch bewundernswürdiger macht, ist, daß sie sich viel weiter als die Wirkung der stumpfen Leiter erstreckt. Bringen Sie einen stumpfen Leiter, z. B. eine metallene Kugel, innerhalb der Schlagweite gegen den Conduktor, und lassen Funken auf ihn schlagen; alsdann halten Sie eine scharfe Spitze noch einmal so weit, außerhalb der Schlagweite, gegen den Conduktor gekehrt, so werden sogleich die Funken aufhören, und alle elektrische Materie wird stillschweigend von der Spitze eingesogen und weggeführt werden.

Im Dunkeln sieht man schon bey einer mittelmäßigen Maschine, in einer Entfernung von einigen

Füßen, von dem Conduktor an dieser Spitze ein elektrisches Licht, welches offenbar eine Wirkung von der Elektrizität des Conduktors ist — denn ohne diese sehen wir nichts — und es erhellt daraus, daß ein elektrisirter Körper auch außerhalb der Schlagweite auf andere Körper zu wirken im Stande ist. Den Raum, durch welchen sich diese Wirkung erstreckt, hat man die elektrische Atmosphäre genannt, weil man sich ehemals vorstellte, daß die elektrische Materie gleichsam wie eine Atmosphäre den Körper umflösse. Besser nennt man ihn den elektrischen Wirkungskreis. Die merkwürdigen Wirkungen desselben muß ich für einen besondern Brief aufsparen.

Hundert und fünf und funfzigster Brief.

Wenn Sie das Licht, das an einer metallenen Spitze in dem Wirkungskreise eines elektrischen Körpers entsteht, etwas aufmerksamer beobachten, so werden Sie finden, daß es einmal wie ein Punkt oder Stern, ein andermal wie ein Büschel erscheint. Diese Verschiedenheit, werden Sie leicht errathen, rührt von der verschiedenen Elektrizität her: der Punkt ist das Zeichen der negativen, und der Büschel das Zeichen der positiven Elektrizität. Folglich ist die Spitze in dem ersten Fall negativ- in dem andern positiv-elektrisch. Was aber hierbey anfänglich am meisten befremdet, ist, daß der erste Fall sich alsdann ereignet, wenn die Spitze sich in dem Wirkungskreise eines positiv-elektrischen Körpers befindet, und der zweyte, wenn man sie in den Wirkungskreis eines negativ-elektrischen Körpers bringt. Ein positiv-elektrischer Körper also hat die Kraft, eine Spitze, die in seinen Wirkungskreis gebracht wird, negativ-, und ein negativ-elektrischer Körper die Kraft, sie positiv-elektrisch zu machen. Vergleichen Sie hiermit das, was schon im 150sten und 138sten Briefe von der Gestalt des elektrischen Funkens an dem Finger oder der metallenen Spitze und

an dem gegenüberstehenden elektrisirten Körper bemerkt worden ist.

Diese Wirkung schränkt sich aber nicht blos auf die Spitzen ein, sondern erstreckt sich auch auf die übrigen Körper. Halten Sie einen stumpfen leitenden Körper, z. B. einen Stab von Eisen oder Messing, oder auch von Holz, mit Goldpapier oder Zinnfolie überzogen, und an beyden Enden aufs beste abgerundet, in den Wirkungskreis eines Conduktors, so wird er an dem Ende, welches dem Conduktor zugekehrt ist, die entgegengesetzte Elektrizität zeigen. Um dieß zu beweisen, darf man nur ein an einem seidenen Faden hängendes Korkkügelchen oder Stückchen Goldpapier an dem Conduktor elektrisiren, und dann gegen das Ende des Stabes halten, so wird man sehen, daß es von ihm angezogen wird. Oder noch besser, man ertheile diesem Kügelchen durch eine Glasröhre oder eine Stange Siegellack die der Elektrität des Conduktors entgegengesetzte Elektrizität, so wird es von dem Stabe zurückgestoßen werden, zum sichern Beweis, daß dieser gleiche Elektrizität mit ihm hat.

Will man aber die Kraft der elektrischen Wirkungskreise recht kennen lernen, so muß man den Stab isoliren — etwa so, wie es in der 23sten Figur abgebildet ist, wo AB den Stab, und CD den gläsernen Zylinder, der in den hölzernen Fuß F eingekittet ist, vorstellt.

Bringt man diesen Stab mit dem einen Ende A in den Wirkungskreis eines Conduktors, so wird nicht allein A, sondern auch B elektrisch werden, und zwar wird jenes die entgegengesetzte, dieses aber die gleichartige Elektrizität erhalten, und also ein und eben derselbe leitende Körper an seinen beyden Enden auf eine ganz entgegengesetzte Weise elektrisirt seyn. Hätte z. B. der Conduktor die positive Elektrizität, so würde A negativ-, B hingegen positiv-elektrisch seyn; und wäre der Conduktor negativ, so würde A die positive, und B die negative Elektrizität haben. Wenn man also das vorhingedachte Korkkügelchen an dem Conduktor elektrisirte, so würde es von A angezogen, und von B abgestoßen werden. Bewegte man es längs dem Stabe hin, so würde man finden, daß es von A bis gegen die Mitte angezogen, in der Mitte weder angezogen noch abgestoßen, und von hier bis B wieder abgestoßen wird; woraus man sieht, daß sich die Elektrizität von jeder Seite beynahe durch die Hälfte des Stabes verbreitet, in der Mitte aber ein kleines Stück ganz gleichgültig ist oder keine Elektrizität hat. — Gemeiniglich bedient man sich bey diesen Versuchen der Cantonschen Elektrometer oder leinenen Fäden mit Kügelchen von Kork oder Holundermark; an beyden Enden des Stabes hängt man ein solches Elektrometer auf; sobald dann der Stab in den elektrischen Wirkungs-

kreis gebracht wird, gehen die Kügelchen auseinander. Nähert man ihnen darauf eine schwach geriebene Glasröhre oder Siegellackstange, so werden sie auf der einen Seite von ihr angezogen, und auf der andern abgestoßen. Hängt man noch ein drittes ähnliches Elektrometer ungefähr in der Mitte des Stabes, so wird man an diesem keine Zeichen der Elektrizität bemerken.

Diese doppelte Elektrizität aber dauert nur so lange, als sich der Stab mit dem einen Ende in dem elektrischen Wirkungskreise befindet. Sobald man ihn aus diesem herausrückt, oder sobald man den Wirkungskreis selbst vernichtet, so fallen die Kügelchen wieder zusammen, zum Zeichen, daß alle Elektrizität verschwunden und der Stab in seinen natürlichen Zustand zurückgekehrt ist. Hierdurch unterscheidet sich diese Art der Elektrisirung gar sehr von der Mittheilung. Denn wäre der Stab von dem Conduktor durch Mittheilung elektrisirt, so würde die Elektrizität durch seinen ganzen Körper einerley, und mit der Elektrizität des Conduktors gleichartig seyn; auch würde sie noch fortdauern, wenn man gleich die Elektrizität des Conduktors vernichtete. Hier entsteht also die zwiefache Elektrizität allein durch den Einfluß des elektrischen Wirkungskreises, und hört auf, sobald dieser nicht mehr vorhanden ist. Es ist auch ganz gleichgültig, mit welchem

Ende man den Stab in den Wirkungskreis bringt; immer wird das dem Conduktor zugekehrte die entgegengesetzte, und das abgewandte Ende die gleichartige Elektrizität haben.

Dieß führt uns auf die allgemeine sehr merkwürdige Regel, daß, wenn ein leitender Körper in den Wirkungskreis eines elektrischen Körpers gebracht wird, er allemal an dem zugekehrten Ende die entgegengesetzte, und wofern er isolirt ist, an dem abgewandten die gleichartige Elektrizität erhält. Man nennt diese Wirkung eine Vertheilung, und erklärt sich die Sache auf folgende Art: Da in einem jeden Körper beyde Arten der elektrischen Materien vorhanden sind, und gleichartige Elektrizitäten einander abstoßen, ungleichartige aber einander anziehen: so bemüht sich der Conduktor vermöge seiner Elektrizität, die ungleichartige elektrische Materie des Körpers, der in seinen Wirkungskreis gebracht ist, anzuziehen, und die gleichartige abzustoßen. Die beyden Materien also, die vorher zusammenvereinigt den Körper erfüllten, vertheilen sich nun, die entgegengesetzte nimmt das zugekehrte, und die gleichartige das abgewandte Ende ein; in der Mitte aber hängen sie noch zusammen, weil die Kraft des Conduktors zu schwach ist, eine gänzliche Trennung derselben zu bewirken,

und daher bleibt hier der Körper unelektrisch. Wird der Körper aus dem Wirkungskreise herausgebracht, so vereinigen sich die Materien wieder, und die Elektrizität verschwindet.

Sie werden nun leicht einsehen, warum der Körper, wenn er nicht isolirt ist, und nur mit der Hand gegen den Conduktor gehalten wird, an dem abgewandten Ende keine Elektrizität zeigen kann. Denn die elektrische Materie, die an dieses Ende hingetrieben wird, zieht aus der Hand so viel von der entgegengesetzten elektrischen Materie an sich, als dazu erfordert wird, sie zu sättigen und ihre elektrische Wirkung aufzuheben.

Was von den leitenden Körpern gesagt ist, gilt unter gewisser Einschränkung auch von den nichtleitenden. Bringt man z. B. eine gläserne Röhre in den Wirkungskreis eines Conduktors, so erhält sie an dem zugekehrten Ende die entgegengesetzte Elektrizität; weil aber die elektrische Materie in allen Nichtleitern nur mit Mühe von ihrer Stelle bewegt wird, so kann die Kraft des elektrischen Wirkungskreises die entgegengesetzte elektrische Materie nur aus einem kleinen Theil der Röhre herbeyziehen, und die gleichartige aus einem eben so kleinen Theil verdrängen. Aus diesem Grunde erstreckt sich die Wirkung hier nicht so weit, wie bey den leitenden Körpern. Inzwischen wirken nun die elektrischen Materien der

Röhre selbst auf einander, und die eine zieht immer die entgegengesetzte aus den benachbarten Theilen an, und stößt die gleichartige zurück. Daher findet man eine solche Röhre gleichsam in Zonen getheilt, welche abwechselnd die entgegengesetzten Elektrizitäten zeigen.

Hundert und sechs und funfzigster Brief.

Sie haben in dem letzten Briefe gesehen, was für einen merkwürdigen Einfluß ein elektrisirter Körper auf diejenigen Körper hat, welche in seinen Wirkungskreis oder in seine Atmosphäre gebracht werden. Er macht, daß sie an der gegen ihn gekehrten Seite die der seinigen entgegengesetzte Elektrizität erhalten. Indessen dauert diese Elektrizität nur so lange, als die Wirkung der elektrischen Atmosphäre selbst. Es giebt aber auch ein Mittel, einem leitenden Körper durch Hülfe des elektrischen Wirkungskreises eine bleibende Elektrizität zu ertheilen, welche fortdauert, wenn gleich der Einfluß des Wirkungskreises schon aufgehört hat.

Man setze den obenerwähnten isolirten Stab AB mit dem Ende A wieder in die Atmosphäre eines elektrischen Körpers, den wir C nennen wollen; alsdann berühre man das andere Ende B mit einem

leitenden Körper D, z. B. mit dem Finger, und entferne darauf C und D zu gleicher Zeit: so wird der Stab elektrisirt, und seine Elektrizität die entgegengesetzte von C seyn. Wir wollen annehmen, C wäre positiv-elektrisch, so wird durch die Wirkung der Atmosphäre das —E des Stabes nach A gezogen und das +E desselben nach B getrieben; berührt man nun B mit einem leitenden Körper D, so wird diesem so viel —E entzogen, als nöthig ist, um das +E zu sättigen; und wenn gleich darauf der elektrische Körper sowohl als der leitende von dem Stabe entfernt werden, so verbreitet sich das —E von A wieder über den ganzen Stab, weil er dort durch keine Kraft mehr zurückgehalten wird; das +E des Stabes ist aber bereits mit dem —E aus dem leitenden Körper D gesättigt worden, und kann sich also nicht mehr mit jenem —E vereinigen, mithin bleibt dieses wirksam, und der Körper ist negativelektrisch. Hier hat der elektrische Körper C nichts von seiner Elektrizität verloren, sondern die Elektrisirung ist blos durch Beyhülfe seiner elektrischen Atmosphäre — durch eine Vertheilung — bewirkt worden; und daher heißt dieses Verfahren, einen Körper durch Vertheilung elektrisiren.

Dieß ist also ein neues Mittel, Elektrizität in einem Körper hervorzubringen, das neben den beyden andern gewöhnlichern, dem Reiben und

der Mittheilung, wohl gemerkt zu werden verdient.

Lassen Sie uns den Stab AB noch einmal mit Ende A in die Atmosphäre des elektrischen Körpers C bringen, und dem andern Ende B einen leitenden Körper D nähern: so werden zwischen B und D kleine Funken schlagen, und D wird an der gegen B gerichteten Seite die entgegengesetzte Elektrizität von B zeigen. Zieht man darauf einen Funken aus dem Körper C und vernichtet dadurch seine Elektrizität und seinen Wirkungskreis auf einmal, so entsteht auch zugleich zwischen B und D ein Funken, den man den Rückschlag nennt. Es geschehen hier also zwey Schläge zu gleicher Zeit, und nach diesen hört alle Elektrizität in dem Stabe sowohl, als in den Körpern C und D auf. Durch den Einfluß des elektrischen Wirkungskreises geht in dem Stabe, wie bey den vorbeschriebenen Versuchen, eine Vertheilung vor, wodurch A und B auf eine entgegengesetzte Weise elektrisch werden. Die elektrische Materie von B wirkt auf eine ähnliche Art wieder auf den gegenüberstehenden Körper D; sie zieht die entgegengesetzte elektrische Materie desselben an sich und vermischt sich mit ihr, doch ohne sich ganz mit ihr zu verbinden, weil eine jede noch mit der entgegengesetzten elektrischen Materie ihres eigenen Körpers zusammenhängt. Wird nun die Elektrizität und der Wirkungskreis

des Körpers C auf einmal vernichtet, so hört auch die Vertheilung in dem Stabe sogleich auf, eine jede Materie kehrt plötzlich wieder in ihren Körper zurück, und dadurch entsteht dieser Rückschlag; und weil nunmehr ein jeder Körper seinen natürlichen Antheil von elektrischer Materie wieder erhält, so kann keiner weiter elektrisch seyn. Man hat diesen Versuch sehr glücklich zur Erklärung mancher Wetterschläge angewandt.

Ueberhaupt lernen wir aus dem Einfluß der elektrischen Wirkungskreise viele Erscheinungen richtiger beurtheilen. So erhält das elektrische Anziehen erst hieraus sein gehöriges Licht. Es ist eine der gemeinsten Erfahrungen, daß ein elektrisirter Körper leichte Körperchen anzieht. Bisher mußten wir annehmen, daß die Elektrizität auf die Masse jener Körperchen wirkt; aber die Sache verhält sich eigentlich folgendermaßen: Wenn der kleine Körper in die Atmosphäre des elektrischen Körpers kommt, so geht eine Vertheilung seiner elektrischen Materien vor sich: die ungleichartige wird nach der Seite gezogen, auf welcher sich der elektrische Körper befindet, und die gleichartige nach der entgegengesetzten getrieben. Da nun entgegengesetzte Elektrizitäten einander anziehen, so bemüht sich die elektrische Materie des elektrisirten Körpers das entgegengesetzte E des kleinern Körpers anzuziehen, und weil dieses

mit seinem Körper genau zusammenhängt, so wird er zugleich mit fortgerissen. Also ist es die elektrische Materie des kleinen Körpers, und nicht seine Masse, welche von dem elektrisirten Körper angezogen wird. Daß dieß die wahre Beschaffenheit der Sache sey, ergiebt sich nicht nur aus dem, was von den elektrischen Wirkungskreisen bisher gesagt ist, sondern es läßt sich auch durch unmittelbare Versuche darthun. Wenn eine Vertheilung der elektrischen Materien in einem Körper möglich seyn soll, so muß er eine gewisse Größe oder Länge haben, oder doch mit andern leitenden Materien in Verbindung stehen, damit die elektrische Materie aus der einen Seite zurücktreten und sich nach der andern hinbegeben kann. Ist der Körper also sehr klein und vollkommen isolirt, so kann die Vertheilung gar nicht, oder nur sehr schwer bewirkt werden, und daher wird er entweder gar nicht oder nur sehr schwach angezogen. Legen Sie z. B. kleine Stückchen von Blattgold auf eine Glasplatte, die Sie in der Hand halten, oder etwa durch ein gewöhnliches Trinkglas unterstützen, und bringen eine geriebene gläserne Röhre oder Stange Siegellack gegen sie, so werden Sie keine Anziehung bemerken. Nehmen Sie aber, anstatt der gläsernen, eine metallene Platte, so werden die Goldblättchen der Röhre schon von weitem entgegenhüpfen. Im ersten Fall nehmlich kann die

gleichartige elektrische Materie in den Goldblättchen nicht ausweichen, weil das Glas ein Nichtleiter ist; im andern aber geht sie in die Metallplatte über. Doch muß man bey diesem Versuch ja darauf sehen, daß die Goldblättchen ganz flach auf dem Glase aufliegen, weil sonst die elektrische Materie aus dem emporragenden in die tieferliegenden Theile zurücktreten und die Anziehung wirklich erfolgen würde.

Hat die elektrische Materie Platz genug auszuweichen, so kann es sogar geschehen, daß ein schwach elektrisirter Körper, von einem gleichartig- aber viel stärker elektrisirten Körper angezogen wird, z. B. ein Stückchen Goldpapier an einem leinenen Faden von einer stark geriebenen Glasröhre oder von dem Conduktor einer Elektrisirmaschine. Wenn man daher die Elektrizität der Körper durch das Anziehen und Abstoßen untersuchen will, so muß man sich hüten, nicht zu schwach elektrisirte Körperchen zur Untersuchung anzuwenden.

Endlich merke ich noch an, daß kein Körper durch Mittheilung elektrisirt werden kann, ohne daß vorher eine Vertheilung seiner elektrischen Materien vor sich geht. Je leichter daher eine Vertheilung in einem Körper bewirkt werden kann, desto leichter und stärker läßt er sich durch Mittheilung elektrisiren. Sie haben gesehen, daß die elektrische Materie in den Nichtleitern sich nicht so leicht, wie in den Leitern

vertheilen läßt, und dieß ist der Grund, warum jene nicht so gut, wie diese, durch Mittheilung elektrisirt werden können. Es scheint, daß die Nichtleiter Körper sind, welche die elektrische Materie sehr stark anziehen. Dieses Anziehen verhindert 1) daß sie ihrer Elektrizität auf einmal beraubt werden, 2) daß sich die elektrische Materie frey durch sie hindurchbewege, 3) erschwert es die Vertheilung und eben dadurch 4) die Mittheilung. Bey den leitenden Körpern findet gerade das Gegentheil statt, sie ziehen die elektrische Materie sehr wenig an; desto leichter kann bey ihnen eine Vertheilung bewirkt werden, und hieraus erklären sich die übrigen Eigenschaften, wodurch sie sich von den Nichtleitern unterscheiden.

Hundert und sieben und funfzigster Brief.

Ich habe Ihnen nun die vornehmsten Regeln der Elektrizität erklärt. Sie sind an und für sich einfach und faßlich, ihre Anwendung aber ist desto mannichfaltiger; und es ist daher zur Erklärung der elektrischen Erscheinungen nothwendig, sie insgesamt vor Augen zu haben, und gleichsam mit einem Blick zu übersehen. Um Ihnen diese Uebersicht zu erleichtern, will ich die Hauptsätze von dem, was in den vorhergehenden Briefen über die Elektrizität enthalten ist, hier kurz zusammenstellen.

Wir haben die elektrischen Erscheinungen als Wirkungen zweyer sehr feiner, flüssiger und elastischer Substanzen betrachtet, die mit einem unbestimmten Ausdruck elektrische Materien genannt werden. Die Theile einer jeden derselben stoßen sich unter einander ab; beyde aber haben gegen einander eine große Verwandtschaft *) oder ziehen einander sehr stark an. Allein durch ihre Vereinigung werden ihre Wirkungen nicht verstärkt, sondern vielmehr gegenseitig gehemmt; beyde Materien binden einander, das heißt, die Elektrizität der einen ver-

*) Von der chemischen Verwandtschaft s. den 40sten Brief des ersten Bandes.

nichtet oder vermindert die Elektrizität der andern. Daher sind die Benennungen entgegengesetzte Elektrizitäten, positive und negative Elektrität entstanden. Sie bilden vereinigt gleichsam eine neue Materie, die unfähig ist, elektrische Erscheinungen hervorzubringen.

Man kann sich die Sache durch das Beyspiel der sauren und alkalischen Salze erläutern. Diese haben bekanntlich auch die Eigenschaft, daß sie einander binden, oder daß ihre Wirkungen sich gegenseitig aufheben. So werden z. B. die Farben verschiedener Pflanzensäfte, die durch Säuren verändert worden sind, durch die alkalischen oder Laugensalze wiederhergestellt. Beyde haben eine starke Verwandtschaft gegen einander, und durch ihre Verbindung entsteht ein neuer Körper von ganz andern Eigenschaften, als die vermischten Salze selbst haben. Vielleicht kennen Sie das Vitriolöl, eine Säure, die viel schärfer als Scheidewasser ist, die Papier, Fleisch, Leder in kurzer Zeit zerfrißt, und wovon ein einziger Tropfen, auf die Zunge gebracht, die schmerzhaftesten Empfindungen verursachen würde; eine ähnliche Wirkung hat das ätzende vegetabilische Laugensalz: beyde aber in gehöriger Verhältniß verbunden bilden den sogenannten vitriolisirten Weinstein, einen Körper, der häufig als Arzney gebraucht wird, der gar

nicht stark schmeckt, und den man ohne Gefahr auf die Zunge nehmen kann.

Die beyden elektrischen Materien sind durch die ganze Erde und durch alle Körper derselben verbreitet, aber sie befinden sich hier von Natur in einer solchen Mischung, daß sie keine Elektrizität, wenigstens keine merkliche Elektrizität zeigen. In diesem Zustande ist es uns bis jetzt noch nicht gelungen, sie wahrzunehmen, oder irgend eine ihrer Eigenschaften oder Wirkungen zu erkennen; für uns sind sie alsdann wie verschwunden. Sobald aber ihre Verbindung getrennt, oder ihr natürliches Verhältniß in einem Körper verändert wird, sobald werden wir ihre Wirkungen gewahr — und dieß sind die elektrischen Erscheinungen.

Die Körper selbst verhalten sich gegen die elektrischen Materien, wie sich leicht denken läßt, nicht alle auf gleiche Weise. Einige sind von der Art, daß die elektrische Materie sich frey durch sie hindurch bewegen, und eben so leicht in sie übergehen als aus ihnen herausströmen kann; andere sind von entgegengesetzter Natur; sie lassen die elektrische Materie nur schwer eindringen und wieder ausströmen, und gestatten ihr keine freye Bewegung durch ihre Masse. Jenes sind die leitenden, dieses die nichtleitenden Körper. Zwischen beyden stehen die Halb-

leiter, die man auch unvollkommene, schlechte Leiter nennt, in der Mitte.

In den Nichtleitern können wir die Elektrizität am leichtesten durch das Reiben erwecken. Bey den Leitern läßt sich dieses Mittel nicht so gut anwenden, weil sie vorher isolirt, und mit einem isolirten Körper gerieben werden müssen, damit die elektrische Materie nicht gleich wieder zurückfließe. Das isolirte Reibzeug aber wird bald erschöpft, und da es keinen neuen Zufluß erhält, so kann es nicht genug elektrische Materie hergeben, um eine starke Elektrizität hervorzubringen. Man elektrisirt daher die Leiter besser durch Mittheilung, indem man sie in die Nähe eines elektrisirten Nichtleiters, oder mit diesem unmittelbar in Verbindung bringt. Ein auf solche Art elektrisirter Leiter kann seine Elektrizität wieder andern leitenden Körpern mittheilen, die entweder in Berührung mit ihm gebracht, oder ihm nur auf eine gewisse Entfernung genähert werden! Diese Entfernung hängt, alles übrige gleich gesetzt, von der Gestalt der leitenden Körper ab. Gehen sie spitzig zu, so kann ihr Abstand vergleichungsweise am größten seyn; die elektrische Materie strömt alsdenn in der Stille aus dem einen Körper in den andern über, und man wird nur im Dunkeln ein Licht an den Spitzen gewahr. Sind sie stumpf und abgerundet, so müssen sie einander näher gerückt

werden,

werden, und die Mittheilung geschieht unter einem lebhaften Funken und mit einem sehr vernehmlichen Geräusch — in diesem Fall heißt ihre Entfernung die Schlagweite. Am ungünstigsten ist endlich die platte Form der Mittheilung. Sind die Platten recht polirt und die Elektrizität nicht sehr stark, so kann man sie fast dicht an einander halten, ohne daß ein Uebergang der Elektrizität erfolgt.

Die mitgetheilte Elektrizität hat, so wie die ursprüngliche oder durch Reiben erregte, in einem jeden Körper ihre Grenzen, über welche hinaus sie nicht vergrößert oder verstärkt werden kann; oder, ein jeder Körper ist nur eine gewisse Quantität von elektrischer Materie aufzunehmen fähig. Diese Fähigkeit heißt seine Capazität. Je mehr elektrische Materie sich einem Körper mittheilen läßt, desto größer ist seine Capazität. — Die Capazität hängt nicht, wie man glauben möchte, von der Masse, sondern von der Oberfläche eines Körpers und seiner Ausdehnung in die Länge ab. Von zwey gleichartigen Körpern, die beyde z. B. ein Pfund wiegen, hat derjenige die größte Capazität, der die meiste Oberfläche hat; und von zwey Körpern von gleicher Masse und gleicher Oberfläche, derjenige, der die größte Länge hat.

Wenn elektrisirte Körper einander genähert werden, so bemerkt man, daß sie einander ent-

weder abstoßen oder anziehen, je nachdem ihre Elektrizitäten gleichartig oder ungleichartig sind — vorausgesetzt, daß sie weder durch ihre eigene Schwere, noch durch irgend eine andere Ursach in ihrer Bewegung gehindert werden. Nähert man aber einem elektrisirten Körper einen nicht elektrisirten, so erfolgt allemal zuerst ein Anziehen. Dieser Fall läßt sich auf den vorhergehenden zurückführen. Denn wenn der unelektrische Körper dem elektrischen genähert wird, so bewirkt dieser in jenem eine Trennung oder Vertheilung der elektrischen Materien, und macht, daß er an dem zugekehrten Ende die entgegengesetzte Elektrizität erlangt. Der unelektrische Körper wird also wirklich elektrisirt, und seine Elektrizität ist, wenigstens auf der einen Seite, mit der Elektrizität des andern Körpers ungleichartig — daher das gegenseitige Anziehen. Der ganze Raum, durch welchen sich diese Kraft der Vertheilung erstreckt, heißt die Atmosphäre oder der Wirkungskreis des elektrischen Körpers — und es ist ein Hauptgesetz der Elektrizität, daß ein jeder nicht elektrisirter Körper, der in den Wirkungskreis eines elektrisirten Körpers gebracht wird, an der zugekehrten Seite die entgegengesetzte Elektrizität erhält.

Durch Beyhülfe der elektrischen Atmosphäre kann man in einem Körper eine Elektrizität hervorbringen, die noch fortdauert, wenn der Einfluß der Atmosphäre schon aufgehört hat, und dieß heißt einen Körper durch Vertheilung elektrisiren.

Es giebt aber außer dem Reiben, der Mittheilung und der Vertheilung noch andere Mittel Elektrizität hervorzubringen. So entstehen in dem Turmalin und mehrern andern Steinen beyde Elektrizitäten zu gleicher Zeit durch Erwärmung oder Abkühlung. Ferner hat man beobachtet, daß bey der Entstehung von Dämpfen Elektrizität erzeugt wird. Stellt man z. B. ein kleines Kohlenbecken auf den Deckel eines Bennetischen Elektrometers und spritzt einige Tropfen Wasser auf die glühenden Kohlen, so gehen die Goldblättchen sogleich auseinander. Ohne Zweifel hat die Natur noch manche andere Mittel zur Erregung der Elektrizität, die uns zwar bis jetzt noch unbekannt sind, aber bey der großen Aufmerksamkeit der Naturforscher auf diesen Gegenstand uns hoffentlich nicht lange mehr ganz unbekannt bleiben werden.

Hundert und acht und funfzigster Brief.

Ich komme jetzt auf die Leydner Flasche, deren Sie sich noch aus dem 140sten Briefe erinnern werden. Allein so wie sie dort beschrieben wird, ist ihre Einrichtung noch sehr unvollkommen; man hat dieses wichtige Instrument nach der Zeit ungemein verbessert, und zum Gebrauch bequemer eingerichtet. Nach der obigen Beschreibung besteht der Apparat in einer gläsernen mit Wasser gefüllten Flasche, die in ein Becken gesetzt wird, das gleichfalls mit Wasser gefüllt ist. Das Wasser in der Flasche wird mit dem ersten Leiter einer Elektrisirmaschine in Verbindung gebracht und elektrisirt; wenn man darauf die eine Hand in das Wasser des Beckens taucht und die andere gegen den Conduktor hält, so empfängt man einen erschütternden Schlag, der ohne Vergleich heftiger ist, als ein gewöhnlicher Schlag aus dem Conduktor allein.

Bey dieser Einrichtung ist das Glas, woraus die Flasche besteht, von beyden Seiten mit Wasser umgeben. Da nun das Wasser ein leitender und das Glas ein nichtleitender Körper ist, so sahe man bald, daß die Hauptsache hier darin bestehe, daß ein Nichtleiter zwischen zwey Leiter gebracht werde. Man machte daher einen Versuch anstatt des Wassers, das

Metall, als einen eben so guten, ja noch bessern Leiter, anzuwenden, und die Flasche von innen und außen mit Zinnfolie zu belegen. Der Erfolg rechtfertigte diese Veränderung gar sehr, denn die Flasche erhielt dadurch nicht nur eine größere Stärke, sondern man erlangte auch den Vortheil, daß man sie bequem in der Hand halten, und sowohl seitwärts als unterwärts kehren konnte, ohne sich zu begießen, oder die Wirkung des Instruments zu stören. Endlich verband man noch mit der innern Belegung einen Drath, der einige Zoll über den Rand der Flasche hervorragte, und an der Spitze mit einer Kugel oder einem Knopf versehen wurde — und so gewann das Instrument die Gestalt, unter der es gegenwärtig am meisten gebraucht wird (s. Fig. 24.). Die Belegungen, die inwendig so hoch als auswendig gehen, dürfen nicht das ganze Glas bedecken, sondern müssen nach Verhältniß der Größe desselben einen mehr oder weniger breiten Rand übrig lassen, den man wohl noch durch einen Ueberzug von Lack oder Firniß vor dem Ansetzen der Feuchtigkeit zu bewahren pflegt. Ich werde Ihnen nun zuerst einen Begriff von den Eigenschaften und Wirkungen dieser Flasche zu geben suchen.

Faßt man sie an der äußern Belegung an und hält den Knopf so nahe an den Conduktor, daß die Funken überspringen, so wird die innere Belegung

eben so dadurch elektrisirt, wie bey dem oben beschriebenen Apparat das Wasser in der Flasche durch die von der eisernen Stange herabgehende Kette HI (Fig. 14.). Man nennt dieß die Flasche laden, und sie wird stärker oder schwächer geladen, je nachdem man den Knopf längere oder kürzere Zeit elektrisirt.

Die geladene Flasche mag man an der äußern Belegung, oder an dem Knopf, oder an dem gläsernen Rande berühren, es scheint alles todt und ohne die geringste Elektrizität zu seyn, und bisweilen nur erhält man einen kleinen Funken am Knopfe. So bald man aber die äußere und innere Belegung, oder, welches einerley ist, die äußere Belegung und den Knopf zusammen berührt, so bald empfängt man jenen erschütternden Schlag oder Stoß, der nach dem schon oben erwähnten Erfinder dieses Versuchs, dem Herrn von Kleist, der Kleistische Stoß genannt wird. Wenn mehrere Personen einander an den Händen anfassen, und eine Reihe bilden, von welcher der erste die äußere Belegung, und der letzte den Knopf anfaßt, so bekommen alle den Schlag auf einmal und fast in gleicher Stärke. Es ist auch nicht nöthig, die Belegung und den Knopf unmittelbar zu berühren, sondern man kann dafür einen Drath oder eine Kette, die in leitender Verbindung mit ihnen stehen, anfassen. Nimmt

man z. B. den Drath AB (Fig. 25.) in die eine, und den Drath CD in die andere Hand, so ist die Wirkung dieselbe, als ob man Knopf und Belegung selbst anfaßte. Ueberhaupt erfolgt die Erschütterung bey einer geladenen Flasche jedesmal, so oft man seinen Körper mit der äußern und innern Belegung zugleich in Verbindung bringt, oder, so oft man in den Kreis ABDC kommt, der übrigens so weit ausgedehnt werden kann, als man nur will. Dieser Kreis heißt daher der Erschütterungskreis, auch der Verbindungskreis, und die Flasche selbst wird auch die Erschütterungs- oder Verstärkungsflasche genannt.

Durch den Schlag, den man auf die beschriebene Weise hervorbringt, wird die Flasche entladen, und man kann alsdann keinen zweyten Schlag aus ihr herausziehen, ohne sie vorher von neuem zu laden. Es bleibt zwar nach dem ersten Schlage noch so viel Elektrizität zurück, daß bey einer wiederholten Verbindung der beyden Belegungen ein Stoß erfolgt, der aber bey Flaschen von gewöhnlicher Größe nur ganz schwach ist, und mit dem ersten in keine Vergleichung kommen kann. Man nennt diesen Rest von Elektrizität das Residuum.

So geschickt die Finger zum Entladen der Flaschen sind, so unangenehm ist die damit verbundene Empfindung, und man hat es daher für rathsamer

gefunden, ein eignes Instrument dazu zu verfertigen, welches der Auslader heißt. Es besteht aus zwey messingenen am Ende mit einer kleinen Kugel versehenen Armen AB, CD (Fig. 26.), die so mit einander verbunden sind, daß der eine beweglich ist, damit man sie nach Gefallen mehr oder weniger eröffnen kann. Der Handgriff E ist von Glas. Will man eine Flasche damit entladen, so faßt man ihn an dem gläsernen Griff an, legt die Kugel des einen Arms an die äußere Belegung, und bringt die Kugel des andern gegen den Knopf der Flasche, oder umgekehrt, man legt die eine Kugel zuerst an den Knopf der Flasche und bringt die andere gegen die äußere Belegung. Zwischen der Kugel des Ausladers und dem Knopf oder der Belegung der Flasche bricht dann unter einem lauten Platzen ein Funken hervor, der zwar nicht so lang und blitzförmig ist, wie der gewöhnliche Funken des Conduktors, aber diesen an Glanz und Stärke weit übertrifft. Die Flasche ist nun entladen, bis auf das Residuum. Um auch dieses herauszuziehen, wiederholt man das eben beschriebene Verfahren; nach diesem hört alle Elektrizität auf, und man kann die Flasche ohne Gefahr angreifen, wie man will.

In Ermangelung eines solchen künstlichen Ausladers kann man sich eines jeden Metalls bedienen, dessen Form es nur erlaubt, daß man es mit seinen

beyden Enden an die äußere Belegung und den Knopf zu gleicher Zeit bringen kann, z. B. eines gebogenen Drathes. Besonders geschickt sind die Scheeren hiezu, die man bey den Spitzen anfassen, und mit den beyden Armen auf die Flasche halten muß. Da das Metall ein viel besserer Leiter, als der thierische Körper ist, so hat man nicht zu besorgen, daß die Elektrizität aus dem Eisen in die Hand übergehen möchte. Der Handgriff bey dem vorbeschriebenen Auslader wird nur zur Vorsicht von Glas gemacht, damit man auch bey den stärksten Elektrizitäten sicher sey; man hat aber auch Auslader ohne einen solchen Griff.

Ich habe vorhin gesagt, daß eine Flasche geladen wird, wenn man sie an der äußern Belegung anfaßt, und den Knopf gegen den Conduktor hält; allein Sie werden leicht einsehen, daß das Berühren mit der Hand keine wesentliche Bedingung ist. Sie können die Flasche auf jede beliebige Art an den Conduktor bringen, nur müssen Sie immer darauf sehen, daß die äußere Belegung in leitender Verbindung mit der Erde stehe. Denn wird die Flasche isolirt, so läßt sie sich nicht laden. Der Knopf nimmt alsdann mit der innern Belegung nur eine geringe Elektrizität an, die er wieder verliert, so bald man ihn mit einem leitenden Körper berührt; man erhält blos einen kleinen einfachen Fun-

ken, wenn man ihm den Finger nähert, aber an eine Erschütterung bey der Verbindung der beyden Belegungen ist nicht zu gedenken.

Man kann aber auch eine Flasche laden, wenn man sie an dem Knopf anfaßt und die äußere Belegung an den Conduktor hält, oder, wenn man die innere Belegung mit der Erde, und die äußere mit dem Conduktor in Verbindung bringt; denn durch den Knopf, die Hand und den Körper wird, wie Sie sehen, eine leitende Verbindung zwischen der innern Belegung und der Erde zuwege gebracht. Nur muß man sich dabey in Acht nehmen, daß man nicht mit den Fingern der äußern Belegung zu nahe kommt; sonst könnte sich die Flasche von selbst entladen, und einem unversehens einen Stoß ertheilen.

Zur Ladung einer Flasche wird also erfordert, daß man die eine der Belegungen, gleichviel welche, mit der Erde, und die andere mit dem Conduktor in Verbindung bringt. Ist die Flasche geladen, so lassen sich folgende Eigenschaften in ihr bemerken:

1) Wenn sie an der äußern Belegung allein, oder an dem Knopf allein berührt wird, so zeigt sie kein Merkmal von Elektrizität, einen kleinen Funken ausgenommen, den man an derjenigen Belegung erhält, die mit dem Conduktor in Verbindung war.

2) Bringt man die äußere und innere Belegung in leitende Verbindung, so geschieht ein heftiger Schlag, der, wenn er durch den Körper geht, den ganzen Körper zu erschüttern fähig ist.

3) Durch diesen Schlag wird die Flasche entladen.

Hundert und neun und funfzigster Brief.

Durch Hülfe der Leydner Flaschen sind wir im Stande, die Wirkungen der Elektrisirmaschinen ungemein zu verstärken. Den einfachen Funken des Conduktors einer gewöhnlichen Maschine können wir ohne Gefahr und ohne Schmerz mit der Hand auffangen, da hingegen der Kleistische Stoß einer Flasche, die an demselben Conduktor geladen ist, äußerst empfindlich und gefährlich werden kann. Mit einer Flasche von der Größe eines gemeinen Trinkglases kann man mehrere Kartenblätter auf einmal durchschlagen, was durch den bloßen Funken des Conduktors nicht möglich ist. Ich brauche es wohl nicht zu erinnern, daß man die Karten, so wie überhaupt einen jeden Körper, auf welchen man diesen verstärkten Schlag leiten will, in den Erschütterungskreis der Flasche bringen muß. Merkwürdig

ist es bey diesem Versuch, daß das Loch auf beyden Seiten einen aufgeworfenen Rand hat, als ob der Schlag, nicht von einer Seite herein und von der andern heraus, sondern nach beyden Seiten in entgegengesetzter Richtung durchgegangen wäre. Auch ist der eigenthümliche phosphorische Geruch der Elektrizität hier sehr merklich. Auf dieselbe Art lassen sich dünne Scheiben von Glas, Harz und andern nichtleitenden Materien durchbohren.

Kleine Thiere werden durch diesen Schlag leicht getödtet und brennbare Materialien entzündet. Man umwickle z. B. den einen Knopf des Ausladers mit Baumwolle, die man vorher mit feingestoßenem Harz bestreut hat, lege den andern an die äußere Belegung an und nähere den erstern dem Knopf der Flasche, so wird das Harz und die Baumwolle durch den Funken in Flammen gesetzt werden. Eben so kann man Pulver in einer Patrone entzünden, wenn man von beyden Seiten einen Drath in die Patrone gehen läßt, so daß die Enden inwendig etliche Linien von einander abstehen, und dann die beyden Dräthe in den Erschütterungskreis bringt. Zum Beweis daß auch Metall durch diesen Funken geschmolzen wird, lege man einen schmalen Streifen von Blattgold zwischen ein paar nicht viel breitere Streifen von Glas, so daß er an beyden Enden etwas hervorragt, und binde die Glasplatten recht fest zusammen; als-

dann lasse man den Funken durchgehen, so wird das Glas zerschmettert, und das Metall an vielen Stellen in das Glas eingeschmolzen werden.

Wird der Verbindungskreis durch unvollkommne Leiter, z. B. durch trocknes Holz oder angefeuchtete Glasröhren unterbrochen, so entstehen dadurch anhaltend schneidende Funken, die nicht mit einer plötzlichen Explosion und Erschütterung verbunden sind, aber an den Theilen des Körpers, wo sie einströmen, eine sehr unangenehme Empfindung verursachen. Man kann damit holzichten, etwas spitzgeschnittenen Zunder, und sogar frey liegendes, nicht in Patronen eingeschlossenes, Pulver zünden.

Ich will Sie nicht mit der Beschreibung vieler Versuche ermüden; die angeführten Beyspiele können hinreichend seyn, Ihnen einen Begriff von den Wirkungen der Leydner Flasche zu geben. Doch darf ich wohl die elektrische Thür nicht ganz mit Stillschweigen übergehen. Da der Erschütterungskreis, wie ich schon in dem vorigen Briefe angemerkt habe, sehr weit ausgedehnt werden kann, so läßt sich leicht in einem Zimmer eine solche Zurüstung machen, daß eine Person, die von außen in dasselbe hineingehen will, in dem Augenblick, da sie die Thür öffnet, einen elektrischen Schlag empfängt. Die Schwelle vor der Thür wird mit einer Platte von Eisenblech bedeckt, von welcher ein Drath oder eine

Kette in das Zimmer geleitet und mit der äußern Belegung der Flasche in Verbindung gebracht wird. Eine zweyte Kette wird mit dem einen Ende inwendig an das Schloß der Thüre, uud mit dem andern an den Auslader befestigt. Tritt nun die Person auf das Eisenblech, und greift mit der Hand nach dem Drücker, so bringt man den Auslader geschwind an den Knopf der Flasche, und bewirkt dadurch, daß die Person in den Erschütterungskreis kommt, und folglich den ihr zugedachten Schlag empfängt.

Bald nach Erfindung der Leydner Flaschen fing man an, gläserne Platten, anstatt der Flaschen, zu gebrauchen, und man fand ihre Wirkung vergleichungsweise fast noch stärker. Die Platte wird zu dieser Absicht von beyden Seiten bis auf einen Rand von 1 oder 2 Zoll mit Zinnfolie oder Blattgold belegt, und so eingerichtet nennt man sie das elektrische Quadrat oder die Kleistische Platte. Will man sie laden, so bringt man, wie bey den Flaschen, die eine Belegung mit dem Conduktor und die andere mit der Erde in Verbindung; und zum Entladen dient gleichfalls der oben beschriebene Auslader.

Diese Platten haben zur Erfindung der Zaubergemählde Veranlassung gegeben, die nichts anders als belegte Glastafeln sind, deren obere Belegung mit einem Kupferstich oder einem Gemählde

bedeckt ist. Man wählt dazu am liebsten solche Gemählde, von welchen der mittlere Theil für sich ein Ganzes vorstellt, z. B ein Brustbild. Dieses wird aus dem Ganzen herausgeschnitten, auf der hintern Seite mit Blattgold überzogen, und dann mit der belegten Seite auf die Glasplatte geklebt. Auf die andere Seite der Glasplatte klebt man den übrigen Theil des Bildes, und zwar so, daß die rechte oder vordere Seite desselben auf das Glas zu liegen kommt, und das ganze Bild von vorne gesehen in seiner gehörigen Lage erscheint, obgleich der eine Theil vor und der andere hinter dem Glase liegt. Ferner wird die ganze hintere Seite des Glases mit Blattgold oder Zinnfolie überzogen und nur der obere Rand frey gelassen. Endlich kann das Ganze noch in einen Rahmen gefaßt, und die hintere Seite des Rahmens, den obern Theil ausgenommen, gleichfalls belegt und mit der hintern Belegung der Glasplatte in Verbindung gebracht werden. Ist diese Platte nun geladen, und es faßt jemand mit der einen Hand den Rahmen an der Seite an, und greift mit der andern auf das Bild, so empfängt er einen förmlichen Kleistischen Stoß. Faßt man aber den Rahmen an dem obern unbelegten Theil an, so kann man das Bild ungestraft berühren.

Je größer die belegte Fläche einer Flasche oder einer Platte ist, desto stärker ist ihre Wirkung. Wenn

man daher die Stärke der Elektrizität, die bey einem Versuche angewandt ist, bestimmen will, so giebt man den Inhalt der belegten Fläche in Quadratmaaß an. So sagt man, es sey eine Belegung von 1 Quadratfuß, oder von 2, 3, 10, 20 u. s. w. Quadratfußen oder Zollen gebraucht worden. Sie sehen aber leicht ein, daß eine einzige Flasche oder Platte unmöglich eine Belegung von 10, 20 und mehrern Quadratfußen enthalten kann. Wenn man daher so große Belegungen braucht, so muß man mehrere Flaschen oder Platten mit einander verbinden. Eine solche Verbindung von Flaschen oder Platten heißt eine Batterie.

Eine kleine Anzahl von Flaschen pflegt man auf die Art zu verbinden, daß man sie zusammen in einen hölzernen Kasten stellt, dessen Boden mit Bley ausgegossen oder mit Zinnfolie belegt ist. Dadurch werden ihre äußern Belegungen alle in leitende Verbindung gebracht. Mit der Belegung des Bodens steht ein eiserner oder messingener Haken, der von außen in den Kasten eingeschlagen ist, in Verbindung. Die Knöpfe der Flaschen werden durch Drath ebenfalls mit einander verbunden. Soll die Batterie geladen werden, so leitet man einen Drath, oder eine Kette, von dem Conduktor an einen von den Knöpfen der Flaschen; will man sie aber entladen, so hängt man an den außen befindlichen Haken eine Kette,

windet das andere Ende derselben um den einen Arm des Ausladers, und bringt den andern an den Knopf der ersten der besten Flasche. Nach der Entladung bleibt noch ein Residuum, vor dem man sich in Acht zu nehmen hat, weil es oft noch stark genug seyn kann, einem einen gefährlichen Schlag zu geben.

Hat man zu einem Versuch nicht alle Flaschen, die in dem Kasten zusammenstehen, nöthig, so verbindet man nur die Knöpfe von so vielen Flaschen, als man eben braucht. Im Gegentheil, wenn man eine Batterie von mehr Flaschen, als in dem Kasten enthalten sind, zusammensetzen will, so muß man mehrere Kasten mit einander verbinden. Auf diese Art kann man leicht sehr ansehnliche Batterien errichten. Zu der großen Cuthbersonschen Maschine in Haarlem gehört eine Batterie von 225 Quadratschuh Belegung, deren Wirkung, wie man denken kann, ungeheuer ist.

Zum Beschluß dieses Briefes erwähne ich noch des Elektrometers von Lane, das seinem Zweck, wie seiner Einrichtung nach, von den in dem 151sten Briefe beschriebenen Werkzeugen dieses Namens ganz verschieden ist. Es dient dazu, die Stärke der Schläge geladener Flaschen zu bestimmen, und ist besonders brauchbar, um immer gleich starke Schläge zu erhalten; daher es auch das Auslade-Elektrometer genannt wird. Das Wesentliche desselben

besteht in einem messingenen Maaßstabe, der am Ende mit einer Kugel versehen, und so eingerichtet ist, daß die Kugel dem Knopf der geladenen Flasche auf jede beliebige Weite genähert werden kann. Der Knopf entladet sich in die Kugel, und durch die Entfernung zwischen beyden wird die Stärke des Schlages bestimmt.

Hundert und sechszigster Brief.

Eine geladene Flasche kann ihre Ladung einige Stunden erhalten, besonders wenn die Luft recht trocken ist. Wäre es möglich, sie mit einer vollkommen trocknen Luft zu umgeben und alle leitende Verbindung ihrer Belegungen zu verhindern, so könnte ihre Ladung Jahre lang ungeschwächt bleiben. Da aber die Luft immer mehr oder weniger mit Feuchtigkeiten und andern leitenden Körperchen erfüllt ist, so wird die Flasche nach und nach durch sie entladen.

Cavallo, ein englischer Physiker, hat eine Einrichtung erfunden, wobey sich die Ladung einer Flasche mehrere Wochen erhalten kann. Die Hauptsache dieser Erfindung besteht darin, daß der inwendige Drath mit dem Knopf in eine gläserne Röhre gesteckt wird, so daß an dem obern Ende blos der

Knopf, und an dem untern etwas weniges von dem Drath nebst einer kleinen Kette hervorragt, die bis auf den Boden der Flasche geht und die innere Belegung berührt. Die ganze Röhre mit dem Drath muß beweglich seyn und aus der Flasche herausgezogen werden können. Zu diesem Ende nimmt man entweder eine Flasche mit einem Hals, der eben weit genug ist, um die Röhre zwar nicht ganz, aber doch größtentheils durchzulassen; oder man verschließt die Oeffnung einer weiten Flasche mit einem Kork, in dessen Mitte man eine gläserne Röhre befestigt, die die Stelle des Halses vertritt. Steckt man nun die Röhre mit dem Drath so tief in den Hals hinein, daß die Kette den Boden berührt, so kann die Flasche wie gewöhnlich geladen werden. Zieht man sie aber nach der Ladung wieder heraus, so wird die innere Belegung ganz isolirt, und man kann die Flasche in die Tasche stecken und Tage lang mit sich herumtragen oder versenden, ohne daß sie ihre Ladung verliert. So vermögen wir jetzt — was man sonst nur dem obersten Jupiter zutraute — den Blitz ruhig und ohne Gefahr bey uns zu führen!

Eine andere merkwürdige Art von Flasche ist die leuchtende Flasche, eine Erfindung von Henly, ebenfalls einem Engländer (s. Fig. 27.). Sie ist von außen nur wenige Zoll hoch belegt, statt der innern Belegung aber mit einer verdünnten Luft er-

füllt. Denn da die verdünnte Luft ein Leiter ist, und das Wesentliche der Leydner Flasche darin besteht, daß der Nichtleiter zwischen zwey Leiter eingeschlossen ist: so sehen Sie leicht, daß auch bey dieser Einrichtung die Flasche geladen werden kann. Die obere Oeffnung ist luftdicht verschlossen, und von dem Knopf geht eine Spitze in den innern Raum, der bey der Ladung von dem elektrischen Licht erleuchtet wird. Er wird auch besonders das Leydner Vacuum oder die Leydner Leere genannt.

Von dieser Flasche muß man eine andere Art leuchtender Flaschen unterscheiden, die das Licht auf der Außenseite zeigen. Dieß sind gewöhnliche Flaschen, deren äußere Belegung durchschnitten ist, oder aus lauter kleinen Parallelogrammen von Zinnfolie besteht (s. Fig. 28). So oft eine solche Flasche geladen oder entladen wird, erblickt man in den Zwischenräumen das elektrische Licht.

So wie die leitenden Körper, die man zu den Belegungen des Glases gebraucht, sehr verschieden seyn können, so hat man auch versucht, ob außer dem Glase noch andere Nichtleiter zur Ladung tauglich wären. Wilke, ein schwedischer Naturforscher, dem die Physik sehr viel verdankt, hat in dieser Rücksicht Versuche mit Porzellan, mit mattgeschliffenem und zerstoßenem Glase, mit zerstoßenem Schwefel, mit einer Schwefeltafel, mit Lack, Pech,

Wachs, Papier, Oel und Luft angestellt. Alle diese Körper nahmen eine Ladung an, und er schließt daraus mit Recht, daß alle Nichtleiter, wiewohl nicht in gleichem Grade, dazu fähig wären. Von dem zerstoßenen Glase machte er eine Lage ungefähr 1 Zoll dick, 3 Fuß breit und 4 Fuß lang. Das Oel — er bediente sich des Baumöls — goß er in eine viereckigte blecherne Form einen halben Zoll hoch, und zur obern Belegung diente eine blecherne Platte, die an seidenen Schnüren hieng.

Daß auch die Luft geladen werden kann, wird Sie nicht befremden, da Sie wissen, daß sie ebenfalls zu den Nichtleitern gehört. Sie können den Versuch leicht selbst machen, wenn Sie ein paar hölzerne Scheiben von anderthalb bis zwey Fuß im Durchmesser nehmen, und diese von einer Seite recht glatt mit Zinnfolie überziehen. Die eine von diesen Scheiben legen Sie mit der unbelegten Seite auf einen Tisch, und hängen die andere an seidenen Schnüren darüber, so daß ihre Belegung gegen die untere Scheibe gekehrt ist, und der Abstand zwischen beyden ungefähr einen Zoll beträgt. Alsdann verbinden Sie die obere Scheibe mit dem Conduktor, und elektrisiren sie auf die gewöhnliche Weise. So wird die zwischen den Scheiben befindliche Luftschicht geladen, und man erhält einen förmlichen Kleistischen Stoß, wenn man beyde Scheiben zusammen berührt.

Unterdessen hat das Glas vor den übrigen Nichtleitern den Vorzug, daß es die stärkste Ladung annehmen kann, und daher bleibt es zu dem Leydenschen Versuch immer am geschicktesten. Man muß aber unter dem Glase selbst wieder einen Unterschied machen. Es kommt nehmlich sehr viel auf die Dicke desselben an. Was für eine Dicke die vortheilhafteste sey, läßt sich zwar nicht im allgemeinen festsetzen, sondern wird durch die Stärke einer jeden Elektrisirmaschine bestimmt. So viel aber kann man überhaupt sagen, daß ein dünnes Glas leichter geladen werden kann, und folglich durch eine gewöhnliche Maschine eine stärkere Ladung erhält, als ein dickes. Unstreitig giebt es für eine jede Maschine eine gewisse Dicke, die für sie am vortheilhaftesten ist; je mehr Stärke sie hat, ein desto dickeres Glas ist sie zu laden im Stande. Gläser, die dicker als zwey, oder dünner als $\frac{1}{8}$ Linie sind, lassen sich, wie Wilke bemerkt, wenig oder gar nicht laden; dagegen ein Glas, das 1 Linie dick ist, eine überaus starke Ladung annimmt. Bey Flaschen von dünnem Glase hat man sich noch insbesondere in Acht zu nehmen, daß man sie nicht zu stark ladet, weil sie sonst leicht bey der Entladung springen — und eine Flasche mit einem Sprung zum fernern Gebrauch untauglich ist. Auch pflegt es nicht selten zu geschehen, daß, wenn die Flaschen zu stark geladen werden, sie sich von

selbst entladen, wobey sie mehrentheils einen Riß bekommen. Hier muß der Gebrauch und die Erfahrung die nöthige Vorsicht lehren.

Hundert und ein und sechszigster Brief.

Ich habe Ihnen noch nichts von der Wirkung der Spitzen auf die Flaschen gesagt, die sich hier von der Wirkung der stumpfen Körper eben so sehr unterscheidet, wie bey dem Conduktor. Wenn man dem elektrisirten Conduktor einen stumpfen Leiter bis auf die Schlagweite nähert, so bricht zwischen beyden ein heller Funken unter einem vernehmlichen Geräusch hervor; hält man aber dafür eine Spitze gegen ihn, so wird die elektrische Materie sehr schnell und stillschweigend abgeleitet. Eben so haben Sie gesehen, daß, wenn man die Flasche mit einem stumpfen Leiter, wie z. B. mit dem Auslader, entladet, ein blendender Funken unter einem lauten Geräusch entsteht. Schraubt man aber die Kugel von dem Auslader ab, und hält die spitzigen Enden gegen den Knopf und die äußere Belegung, so ist die Flasche in kurzem entladen, ohne daß man den geringsten Funken oder das kleinste Geräusch bemerkt hätte. Die Scheere, die ich schon oben als einen sehr ge-

schickten Stellvertreter des eigentlichen Ausladers gerühmt habe, ist auch zu diesem Versuch sehr brauchbar; man darf nur anstatt der Arme ihre Spitzen gegen die Flasche kehren. Die Spitzen haben also auf die Flasche eine ähnliche Wirkung, wie auf den Conduktor, nehmlich, den gewaltsamen und heftigen Ausbruch der elektrischen Materie zu verhindern. Sie können daher auch die stärkste Flasche mit Ihrem eigenen Körper entladen, ohne jene schmerzhafte Erschütterung zu befürchten, wenn Sie in jede Hand eine Spitze nehmen, und die eine gegen den Knopf, die andere gegen die Belegung halten.

So merkwürdig diese Versuche schon an sich selbst sind, da sie uns einen neuen Beweis von der Kraft der Spitzen geben, so werden sie noch besonders lehrreich, wenn wir sie im Dunkeln anstellen. Wenn Sie eine geladene Flasche isoliren, und dann im Dunkeln auf die beschriebene Art entladen, so werden Sie an beyden Spitzen ein elektrisches Licht bemerken; und zwar wird es an der einen als ein Punkt, und an der andern als ein Büschel erscheinen, zum Beweis, daß die Elektrizitäten der Spitzen entgegengesetzt sind; woraus wir die wichtige Folgerung ziehen, daß auch die Belegungen der Flasche selbst entgegengesetzte Elektrizität haben. Untersuchen Sie die Sache etwas genauer, so werden Sie finden,

daß, wenn Sie die Flasche an einem positiven Conduktor durch den Knopf geladen haben, die dem Knopf gegenüberstehende Spitze den Punkt oder —E, die andere aber, die der Belegung gegenüber steht, den Büschel oder +E hat. Geschieht dagegen die Ladung an einem negativen Conduktor, so ist die Erscheinung umgekehrt: die gegen den Knopf gerichtete Spitze hat +E und die andere —E. Nun werden Sie sich aus einem der vorhergehenden Briefe erinnern *), daß man aus dem Licht der Spitzen, die einem elektrischen Körper gegen über gehalten werden, die Elektrizität des Körpers erkennen kann; sie ist nehmlich positiv, wenn das Licht unter der Gestalt eines Punktes, und negativ, wenn es unter der Gestalt eines Büschels erscheint. Also ist in dem ersten Fall, der Knopf oder die innere Belegung positiv- und die äußere Belegung negativelektrisch, in dem andern hingegen der Knopf negativ, und die äußere Belegung positiv.

Ich habe vorhin nicht ohne Grund hinzugesetzt, daß die Ladung durch den Knopf geschehen müsse; denn Sie wissen, daß man eine Flasche auch durch die äußere Belegung laden kann, und dann ist der Erfolg gerade umgekehrt: durch den positiven Conduktor empfängt alsdenn der Knopf die negative, und die äußere Belegung die positive Elektrizität;

*) s. den 150sten Brief.

und durch den negativen Conduktor jener die positive, und diese die negative. Man kann also folgende allgemeine Regel festsetzen: Diejenige Belegung, durch welche die Flasche geladen wird, empfängt die gleichartige Elektrizität des Körpers, an welchem die Ladung geschieht; die andere Belegung aber hat jederzeit die entgegengesetzte Elektrizität.

Diese Entdeckung giebt uns den wichtigsten Aufschluß über die Natur der Leydner Flaschen, und führt uns zu einer richtigen Erklärung der dem ersten Anschein nach so verwickelten Erscheinungen derselben. Wir sehen daraus, daß bey der Ladung nicht blos die Elektrizität des Conduktors der Flasche mitgetheilt, sondern auch zugleich die entgegengesetzte Elektrizität in ihr erzeugt wird.

Es wird also zuerst die Frage seyn, woher die entgegengesetzten Elektrizitäten der beyden Belegungen kommen? Um diese Frage zu beantworten, erinnere ich Sie vorher an jenes wichtige Gesetz der Vertheilung, nach welchem ein jeder Körper, der in den Wirkungskreis eines elektrischen Körpers kommt, an dem zugekehrten Ende die entgegengesetzte Elektrizität erhält. Nun wollen wir annehmen, es empfange die innere Belegung von dem Conduktor oder einem andern elektrisirten Körper + E, so verhin-

dert zwar das Glas, daß dieses +E nicht in die äußere Belegung und aus dieser in die angrenzenden Leiter übergehen kann; aber, da das Glas nur dünn ist, so verhindert es nicht den Einfluß des elektrischen Wirkungskreises auf die äußere Belegung. In dieser geht daher eine Vertheilung vor; die gleichartige Elektrizität wird zurückgestoßen, und die ungleichartige angezogen; oder das +E wird abgestoßen und das —E angezogen. Dieses +E geht in die angrenzenden Leiter über, und dafür dringt aus diesen —E in die Belegung. Je mehr nun durch den Conduktor +E in die innere Belegung gebracht wird, desto mehr +E wird aus der äußern herausgestoßen, und desto mehr —E in sie hineingezogen. Die äußere Belegung muß also negativelektrisch werden, indeß die innere positiv-elektrisch wird. Hierzu kommt noch, daß die innere ihr —E an den Conduktor abgiebt, indem sie +E von ihm empfängt. Es wird also auf der einen Seite eben so viel +E, als auf der andern —E aufgehäuft; und in diesem Zustande heißt die Flasche geladen.

Die elektrische Materie der innern Belegung und die entgegengesetzte der äußern wirken nun gegenseitig auf einander, oder ziehen einander an; die eine sucht gleichsam die andere zu sich herüber zu ziehen, um sich mit ihr zu verbinden. Der Widerstand des Glases macht zwar, daß diese Verbindung nicht vor

sich gehen kann; aber das Bestreben, sich zu vereinigen, hindert er nicht. Die eine wird von der andern gleichsam festgehalten, oder, wie man sagt, gebunden. Wenn man daher eine der Belegungen allein mit dem Finger berührt, so kann man keinen Funken erhalten, oder ein Zeichen von Elektrizität verspüren, weil die Elektrizität dieser Belegung durch die entgegengesetzte Elektrizität der andern Belegung gebunden ist. Sobald man aber beyde Belegungen durch einen leitenden Körper verbindet, so bahnt man dadurch den elektrischen Materien den Weg, sich ungehindert zu vereinigen; und durch diese Vereinigung wird die Flasche entladen. Ist der leitende Körper an beyden Enden stumpf, so geschieht die Vereinigung plötzlich, und, wegen der Menge der elektrischen Materie und der Stärke der Anziehung, mit einer gewaltsamen Explosion; ist er spitzig, so geschieht sie allmählig und ohne eine heftige Wirkung.

Dieß ist die wahre Erklärung von den vornehmsten Erscheinungen der mit Recht so berühmten Leydner Flasche. Sie sehen also

1) daß die Ladung nicht blos durch Mittheilung, sondern zugleich durch Vertheilung, oder durch die Kraft der elektrischen Atmosphären bewirkt wird;

2) daß durch die Ladung beyde Arten der Elektrizität in der Flasche erzeugt werden;

3) daß diese beyden Elektrizitäten einander binden, und dadurch verhindern, daß keine Belegung, einzeln berührt, ihrer Elektrizität beraubt wird;

4) endlich, daß die Entladung in der Vereinigung beyder Elektrizitäten besteht.

Hundert und zwey und sechszigster Brief.

Die Erklärung, die ich Ihnen von den vornehmsten Erscheinungen der Leydner Flasche, der Ladung und Entladung, gegeben habe, wird durch die Erläuterung einiger besonderer Umstände, die ich in diesem Briefe nachholen will, noch mehr Licht gewinnen.

Zuerst sehen Sie nun wohl, warum die Belegungen einer Flasche oder einer Platte nicht das ganze Glas bedecken dürfen; denn sonst würden die entgegengesetzten Elektrizitäten der beyden Seiten sich ungehindert oder doch sehr leicht von selbst vereinigen, und es könnte keine gehörige Ladung statt finden.

Ferner wenn eine Flasche geladen werden soll, so ist es nothwendig, daß die eine Belegung mit der Erde in Verbindung sey; eine isolirte Flasche kann nicht geladen werden. Der Grund davon ist nicht schwer einzusehen. Wir wollen wieder, wie

vorhin, annehmen, die innere Belegung erhalte von dem Conduktor etwas weniges +E, und bewirke also eine Vertheilung in der äußern Belegung, wodurch das —E derselben angezogen und das +E zurückgestoßen wird: so kann dieses +E wegen der Isolirung nicht ausweichen, oder sich mit —E aus den benachbarten Körpern vereinigen; es bleibt daher selbst wirksam, und verwehrt, vermöge seines Wirkungskreises, allem fernern +E des Conduktors den Eingang in die innere Belegung. Folglich kann sich hier kein +E anhäufen, und also auch auf der andern Seite kein —E gebunden werden, welches ohnehin aus den angrenzenden Nichtleitern nicht herbey fließen könnte.

Um sich zu überzeugen, daß die Ladung nur alsdann vor sich gehen kann, wenn aus der einen Seite der Flasche dieselbe Art der Elektrizität herausgetrieben wird, welche die andere durch den Conduktor empfängt, isolire man eine Flasche, und halte gegen die äußere Belegung einen stumpfen Leiter, während man den Knopf gegen den Conduktor bringt: so wird man finden, daß, so oft aus dem Conduktor auf den Knopf ein Funken schlägt, auch jedesmal aus der äußern Belegung ein Funken in den Leiter übergeht. Auf diese Weise wird die Flasche so gut geladen, als ob sie nicht isolirt wäre, und untersucht man die Elektrizität der aus der äußern Belegung

herausströmenden Funken, so ist sie allemal mit der Elektrizität des Conduktors gleichartig.

Da die Entladung der Flasche durch Spitzen uns zuerst zu der wichtigen Entdeckung von der entgegengesetzten Elektrizität der beyden Belegungen geführt hat: so verdient dieser Versuch wohl, daß wir auf die dabey vorkommenden Umstände ein besonderes Augenmerk richten. Ich habe gesagt, daß man die Flasche isoliren müßte, wenn sich das elektrische Licht an beyden Spitzen zeigen sollte. Isolirt man sie nicht, so wird sie zwar eben so gut entladen, aber man wird alsdenn im Dunkeln nur an der Spitze ein Licht bemerken, die gegen den Knopf gekehrt ist, indeß sich an der andern, die der Belegung gegenüber steht, kein Fünkchen sehen läßt; — und dieß ändert sich nicht, der Knopf mag positiv oder negativ elektrisirt seyn. Die Sache läßt sich auf folgende Art erklären: Wenn die Spitze dem Knopf genähert wird, so entzieht sie ihm (wegen ihrer bekannten Fähigkeit die elektrische Materie ab- und zuzuleiten) seine Elektrizität, und führt ihm die entgegengesetzte zu. Dadurch wird die innere Belegung in kurzem ihrer Elektrizität beraubt. In dem Maaße aber als diese ihre Elektrizität verliert, wird die entgegengesetzte Elektrizität der äußern Belegung frey, und geht natürlicher Weise eher in die zunächst angrenzenden Leiter, als in die etwas entferntere Spitze über. Es

ist hier eben so, wie bey einem elektrisirten Conduktor, den Sie durch einen leitenden Körper mit der Erde in Verbindung bringen; diesem werden Sie umsonst die schärfste Spitze entgegen halten, es wird sich kein Licht an ihr blicken lassen. In diesem Fall geschieht also die Entladung nicht dadurch, daß die Elektrizität der innern Belegung mit der Elektrizität der äußern vereinigt wird, sondern dadurch, daß eine jede von diesen mit der ihr entgegengesetzten Elektrizität der benachbarten Körper verbunden wird. Folglich ist die zweyte Spitze, die gegen die Belegung gehalten wird, ganz überflüssig; und dieß bestätigt die Erfahrung. Halten Sie eine einzige Spitze gegen den Knopf, in welcher Richtung Sie wollen, so wird die Flasche eben so schnell als vorhin entladen werden.

Vielleicht aber wird Ihnen ein Zweifel darüber entstehen, daß die Spitze die Elektrizität der innern Belegung wegführen soll, da diese, wie im vorigen Briefe behauptet wurde, von der Elektrizität der äußern Belegung gebunden und gleichsam festgehalten wird. Dieser Zweifel ist nicht ungegründet, indessen hoffe ich ihn durch folgende Bemerkungen zu heben. Es wird zwar die Elektrizität der innern Belegung von der Elektrizität der äußern gebunden, in dem Drath und dem Knopf aber bleibt noch einige Elektrizität, die nicht ganz gebunden ist — daher der kleine Funken, den man bey der Berührung des

Knopfes

Knopfes erhält — Da nun die Spitzen gegen die kleinste Wirkung der Elektrizität empfindlich sind, so ist die geringe Elektrizität des Knopfes und des Draths schon hinreichend, eine Vertheilung in ihr zu bewirken, und zu machen, daß die entgegengesetzte Elektrizität durch sie herbeygeführt wird, und sich mit ihr (der Elektrizität des Knopfes) verbindet. Durch diesen ersten Anfang ist, so zu sagen, der Prozeß der Entladung eingeleitet; und mehr bedarf es nicht, um die ganze allmähliche Entladung begreiflich zu machen. Denn dadurch, daß die Elektrizität des Knopfes und des Drathes sich mit der entgegengesetzten Elektrizität der Spitze verbindet, wird die Quantität der innern Elektrizität der Flasche überhaupt etwas vermindert, und ihre Anziehung gegen die äußere geschwächt; diese fängt daher auch an, sich in die angrenzenden Leiter zurück zu ziehen. Dadurch wird es der innern Elektrizität wieder leichter gemacht, in den Drath und in die Kugel, und aus dieser in die Spitze zu dringen, und so fort, bis endlich die ganze Flasche entladen ist. Man kann sich vorstellen, daß die Kraft der Elektrizität der innern Belegung vor der Annäherung der Spitze nur auf einen einzigen Gegenstand, auf die Anziehung der Elektrizität der äußern Belegung, gerichtet war. Durch die Annäherung der Spitze aber bekommt sie einen neuen Gegenstand ihrer Wirksamkeit, und kann

also nicht mehr alle Kraft auf die Elektrizität der äußern Belegung wenden; daher fängt diese an, sich in die benachbarten Körper zurückzuziehen und vermindert eben dadurch ihren Einfluß auf die Elektrizität der innern Belegung, u. s. w. Wird aber die Flasche isolirt, so kann die Elektrizität der äußern Belegung nicht zurücktreten, sie zieht daher die innere Elektrizität immer mit gleicher Stärke an, und läßt sie nicht durch den Drath in die Spitze steigen. Daher kann eine isolirte Flasche nicht durch eine einzige Spitze entladen werden, sondern es werden zwey dazu erfordert, und an beyden muß sich das elektrische Licht zeigen.

Auf eine ähnliche Art, wie durch eine einzelne Spitze, nur langsamer, wird eine Flasche durch die bloße Luft entladen. Der Knopf zieht nehmlich aus der Luft beständig etwas von der entgegengesetzten Elektrizität an, und dadurch erhält die Elektrizität der äußern Belegung die Freyheit, nach und nach in die anstoßenden Leiter überzugehen. Wird die Flasche isolirt, so erhält sie ihre Ladung zwar länger, doch wird sie nach und nach auch entladen, weil die Luft kein vollkommner Nichtleiter ist. Diese Selbstentladung erfolgt desto geschwinder, wenn man den Knopf abschraubt, und blos den spitzigen Drath hervorragen läßt.

Wenn man zwey Flaschen ungefähr gleich stark ladet, und zwar so, daß die innere Belegung der einen positiv, der andern negativ elektrisirt wird, und dann zwischen ihre Knöpfe einen an beyden Enden spitzigen Drath bringt, so werden beyde Flaschen, wofern sie nicht isolirt sind, sehr schnell dadurch entladen. Die Ursach erhellt aus dem vorigen. Hält man anstatt des Drathes einen leichten Körper, z. B. eine Korkkugel, an einem seidenen Faden zwischen die Knöpfe, (deren Abstand in diesem Fall nur wenige Zoll betragen darf,) so wird er wechselsweise von ihnen angezogen und abgestoßen werden, und sich daher so lange von dem einen zum andern bewegen, bis die Flaschen entladen sind. Man pflegt die Korkkugel bey diesem Versuch mit metallenen oder leinenen Fäden zu durchziehen, und es die elektrische Spinne zu nennen, weil die Bewegungen der Fäden den Bewegungen der Füße einer Spinne nicht unähnlich sind.

Daß man durch die Leydner Flasche einen Körper nicht wie durch einen Conduktor elektrisiren, oder ihm Elektrizität mittheilen könne, darf ich nach dem bisher gesagten wohl kaum noch erinnern. Durch den Conduktor erhält ein isolirter Körper einen Ueberfluß an elektrischer Materie von einerley Art, und er wird positiv, oder negativ elektrisirt, je nachdem er mit + oder — E überladen wird. Bey der

Entladung der Leydner Flasche aber strömen beyde elektrische Materien durch den Körper hindurch, oder vereinigen sich in ihm, und folglich erlangt keine in ihm die Oberhand.

Zuletzt muß ich noch einem Irrthum vorbeugen, zu dem ich selbst durch meine obige Erklärung von der Ladung der Flaschen Veranlassung gegeben habe. Ich habe mich nehmlich so ausgedrückt, als ob die elektrische Materie, die bey der Ladung von der einen Seite durch den Conduktor, und von der andern durch die Kraft der elektrischen Atmosphäre angehäuft wird, in den Belegungen selbst bliebe, und das Glas nur zur Scheidewand diente, um die wirkliche Vereinigung zu verhindern. Eigentlich aber sind es die Oberflächen des Glases selbst, in welchen sich die elektrische Materie sammelt, und die Belegungen dienen nur dazu, die Elektrizität auf den Oberflächen des Glases gleichförmig zu verbreiten. Um dieses zu beweisen, hat man Flaschen mit beweglichen Belegungen geladen, nach der Ladung die Belegungen abgenommen, und an ihre Stelle andere gesetzt, die nicht elektrisirt waren. Würden diese auf die gehörige Art verbunden, so erfolgte der Schlag so gut, als bey unveränderten Belegungen. Bequemer lassen sich diese Versuche anstellen, wenn man sich einer Kleistischen Platte mit beweglichen Belegungen bedient.

Hundert und drey und sechszigster Brief.

Von der Leydner Flasche gehe ich zu einem andern nicht minder merkwürdigen Instrument, dem Elektrophor oder Elektrizitätsträger über, der zwar zuerst von dem schwedischen Naturforscher Wilke, dessen Namen ich Ihnen schon in einem der vorigen Briefe genannt habe, erfunden worden ist, aber seine gegenwärtige vortheilhafte Einrichtung, wie seinen Namen, von Herrn Volta, Professor zu Pavia, erhalten hat.

Die Haupttheile dieses Instruments sind, wie bey der Kleistischen Platte, ein Nichtleiter und zwey Leiter; aber sowohl die Form, als die Verbindung derselben ist anders (s. Fig. 29.). Der eine Leiter besteht in einer flachen metallenen Scheibe mit einem senkrecht aufstehenden Rande von einigen Linien, und wird mit einem besondern Namen die Form genannt. Der Nichtleiter ist gemeiniglich ein harzichter Körper, als, reines burgundisches Harz, Kolophonium, Siegellack u. s. w., die man, um ihnen mehr Geschmeidigkeit zu geben, mit etwas venetianischem Terpentin vermischt. Das Harz wird geschmolzen und in die Form gegossen, wobey man besonders darauf zu sehen hat, daß die Oberfläche recht glatt und eben wird. Dieser Nichtleiter heißt

der Kuchen; und Kuchen und Form, die zusammen ein Stück ausmachen, nennt man auch mit einem gemeinschaftlichen Namen die Basis. Der dritte Haupttheil endlich ist der Deckel, der ebenfalls in einer runden metallenen Platte, von einem kleinern Durchmesser als die Basis, besteht, und mit seidenen Schnüren oder einem isolirenden Griff versehen ist. Er ist nicht auf dem Kuchen befestigt, sondern macht ein besonderes Stück des Elektrophors aus, und kann als eine bewegliche Belegung angesehen werden. Bey dem Deckel kommt es hauptsächlich darauf an, daß seine untere Fläche sorgfältig geglättet ist, damit sie den Kuchen in recht vielen Punkten berührt. Man nimmt daher auch statt der metallenen Platte eine runde hölzerne Scheibe, die an der untern Seite etwas ausgehölt und mit weichem Leder oder feiner Leinewand überspannt und dann mit Stanniol überzogen wird.

Der Elektrophor besteht also aus zwey Stücken, der Basis und dem Deckel, von welchen jene wieder aus der Form und dem Kuchen zusammengesetzt ist. Die Größe derselben ist, wie man denken kann, sehr verschieden: man hat welche von wenigen Zollen im Durchmesser, und andere, deren Durchmesser mehrere Fuße beträgt. So befindet sich in Göttingen einer, wo die Basis sieben und der Deckel sechs Fuß im Durchmesser hält. Der Kuchen

hat 56 Pfund reines Harz, und der Deckel, der von Zinn und etwa zwey Linien dick ist, wiegt 76 Pfund.

Wollen Sie nun die merkwürdigen Eigenschaften des Elektrophors kennen lernen, so müssen Sie zuerst die Basis auf eine nicht isolirte Ebene legen, und den Kuchen mit der trocknen Hand oder einem Stück Flanell, oder noch besser, mit einem Hasen- oder Katzenfell reiben, und dadurch seine Elektrizität erregen, die, wie bey einem jeden andern, auf eine ähnliche Art geriebenen, harzichten Körper, negativ seyn wird. Nach dieser Vorbereitung werden Sie ungefähr folgende Erscheinungen bemerken können:

1) Wenn der Deckel vermittelst der seidenen Schnüre, oder des isolirenden Handgriffs, mitten auf den Kuchen gesetzt wird, so wird er elektrisch, und seine Elektrizität ist die gleichartige des Kuchens, oder negativ.

2) Hebt man ihn an den seidenen Schnüren wieder ab, ohne ihn vorher berührt zu haben, so verschwindet seine Elektrizität und man bemerkt keine Spur mehr davon.

3) Berührt man ihn, während er auf dem Kuchen liegt, mit dem Finger, so giebt er seine Elektrizität durch einen Funken zu erkennen; und berührt man Form und Deckel zusammen, so erhält man einen Kleistischen Stoß, wie bey der Berührung der beyden Belegungen einer Flasche.

4) Nach dieser Berührung läßt sich weder in der Basis noch in dem Deckel die geringste Elektrizität bemerken.

5) Zieht man aber den Deckel in die Höhe, so zeigt er wieder eine starke Elektrizität, die sich bey der Annäherung des Fingers durch einen lebhaften Funken zu erkennen giebt; und diese Elektrizität ist der Elektrizität des Kuchens entgegengesetzt, oder positiv.

6) Berührt man ihn in der Höhe nicht und senkt ihn wieder auf die Basis herab, so giebt weder er noch die Basis ein Zeichen von Elektrizität, und es verhält sich alles wie Nr. 4.

7) Alle diese Versuche lassen sich bey trockener Luft eine lange Zeit fast mit gleicher Stärke wiederholen, ohne daß man nöthig hat, den Kuchen von neuem zu reiben. Daher hat man dieses Instrument auch den beständigen Elektrizitätsträger genannt.

8) Wird die Basis isolirt, und alsdann erst der Deckel darauf gesetzt und nach gehöriger Berührung wieder aufgezogen, so findet man nicht nur den Deckel, sondern auch die Form elektrisch, und zwar jenen positiv (wie Nr. 6.) und diese negativ.

So verwickelt diese Erscheinungen dem ersten Ansehen nach seyn mögen, so lassen sie sich doch, wie

Sie gleich sehen werden, ohne viele Mühe auseinander setzen, wenn man nur die Gesetze der elektrischen Wirkungskreise nicht aus den Augen verliert.

Durch das Reiben wird die Oberfläche des Kuchens, wie andere harzichte Körper, negativ elektrisirt. So oft nun ein dünner Nichtleiter auf einer Seite elektrisirt wird, so wird, vermöge der Wirkungen der elektrischen Atmosphären, die gleichartige Elektrizität der andern Seite ausgestoßen, und die entgegengesetzte gebunden. Also wird auch hier bey dem Kuchen die negative Elektrizität der entgegengesetzten Seite ausgetrieben, und positive herbeygezogen. Beydes wird durch die Form, als einem Leiter, befördert, wenn sie mit andern leitenden Körpern in Verbindung steht. Daher darf die Basis während dem Reiben so wenig isolirt seyn, als die Leydner Flasche beym Laden, wo die äußere Belegung denselben Dienst thut, den hier die Form leistet, nehmlich die gleichartige Elektrizität weg- und die ungleichartige herbey zu führen. Bey einer geladenen Flasche hat die äußere Belegung, oder die äußere Seite des Glases immer die ungleichnamige Elektrizität von der innern Seite, und so muß auch hier die Form die entgegengesetzte Elektrizität der Oberfläche des Kuchens haben, oder positiv elektrisch seyn. Diese Elektrizität aber läßt sich nicht wahrnehmen, weil sie eben durch die Elektrizität des Ku-

chens gebunden ist, die zum Theil hinwiederum von ihr gebunden wird.

Wird nun der Deckel auf den Kuchen gesetzt, so könnte man glauben, werde sich ihm, als einem Leiter, die Elektrizität des Kuchens mittheilen; aber dieß wird schon einmal durch die platte Form, die der Mittheilung sehr ungünstig ist, verhindert; ferner wird die Elektrizität der Oberfläche durch die entgegengesetzte Elektrizität der andern Seite, wenn gleich nicht ganz gebunden, doch etwas zurückgehalten. Sie kann also nicht in den Deckel übergehen. Dafür aber bewirkt sie in ihm eine Vertheilung; sie zieht das +E desselben an, und stößt das —E zurück. Dieses —E tritt daher gleichsam auf die Oberfläche des Deckels heraus, und ist die Ursache von der negativen Elektrizität desselben (Nr. 1.).

Hebt man darauf den Deckel, ohne ihn zu berühren, in die Höhe, so zieht sich sein +E aus dem Kuchen zurück und vereinigt sich wieder mit seinem —E, folglich hört alle Elektrizität in ihm auf (Nr. 2.). Die Wirkung geschieht hier ganz auf dieselbe Art, wie bey dem isolirten Stab, von dem ich in dem 155sten Briefe gesprochen habe: wird dieser in den elektrischen Wirkungskreis eines Körpers gebracht, so zeigt sich an dem einen Ende die ungleichartige, und an dem andern die gleichartige Elektrizität, und wird er, ohne vorher berührt zu werden,

aus dem Wirkungskreise herausgerückt, so verschwindet seine Elektrizität wieder.

Da der Deckel, wenn er auf dem Kuchen liegt, auf der obern Seite negativ-elektrisch ist, so muß natürlich ein Funken entstehen, wenn man ihm den Finger oder einen andern leitenden Körper nähert. Berührt man aber Form und Deckel zusammen, so muß dasselbe erfolgen, was bey der Berührung der beyden Belegungen einer geladenen Flasche geschieht — ein Kleistischer Stoß, denn es verbindet sich das +E der Form mit dem —E des Deckels (Nr. 3.).

Nach dieser Berührung muß alles todt seyn, denn das —E des Deckels ist mit +E aus dem Finger oder aus der Form gesättigt; das —E des Kuchens ist durch das +E der Form und des Deckels gebunden; und endlich das +E der Form ist theils mit dem —E des Deckels vereinigt, theils von dem —E des Kuchens gebunden (Nr. 4.).

Zieht man den Deckel in die Höhe, so zieht sich sein +E, das gleichsam in den Kuchen eingedrungen war, wieder zurück, um sich mit seinem —E zu verbinden; aber dieses ist schon mit dem +E des Fingers oder der Form verbunden, und also bleibt jenes frey; folglich ist der Deckel positiv-elektrisch (Nr 5.). Gerade so wie der vorhingedachte Stab, wenn man ihn berührt, bevor man ihn aus der

elektrischen Atmosphäre bringt, die entgegengesetzte Elektrizität des elektrisirten Körpers erhält *).

Warum die Elektrizität des Deckels verschwindet, wenn er unberührt wieder auf den Kuchen gesetzt wird, ist aus dem bisherigen von selbst klar: nehmlich das —E des Kuchens zieht das freye +E des Deckels wieder an sich; dadurch werden beyde gegenseitig gebunden und hören folglich auf, ein Zeichen von Elektrizität zu geben (Nr. 6.). Eben so leicht begreift man, daß diese Versuche eine lange Zeit ohne merkliche Abnahme der Elektrizität wiederholt werden können; denn der Kuchen theilt dem Deckel nie etwas von seiner Elektrizität mit, sondern bewirkt blos durch seine Atmosphäre die Elektrisirung desselben (Nr. 7.).

Endlich wenn die Basis isolirt, dann der Deckel darauf gesetzt, und nach der Berührung wieder abgezogen wird; so ist er selbst positiv- und die Form negativ-elektrisch. Das erstere erhellt aus dem vorigen; denn in Rücksicht des Deckels ist es fast gleichgültig, ob die Basis isolirt ist oder nicht. Was aber die Form betrifft, so giebt sie zwar bey der Verbindung mit dem Deckel einen Theil ihres +E an diesen ab, empfängt aber dafür von ihm —E, wodurch ein anderer Theil ihres +E gebunden wird.

*) s. oben den 156sten Brief.

So lange der Deckel auf dem Kuchen liegen bleibt, muß alles todt scheinen, weil das —E des Kuchens durch das +E des Deckels gebunden ist, und also nicht auf das neue —E der Form wirken kann; wird aber der Deckel abgezogen, so wird das —E des Kuchens wieder frey, wirkt also auch wieder auf die Form, zieht das +E derselben stärker an, und stößt das aus dem Deckel hinzugekommene —E zurück; dieses wird also sensibel, oder die Form erscheint negativ-elektrisch (Nr. 8.).

Hundert und vier und sechszigster Brief.

Der Elektrophor scheint, wie Sie gesehen haben, recht eigentlich dazu gemacht zu seyn, die gegenseitigen Wirkungen der Elektrizitäten ins Licht zu stellen. Diese Wirkungen können sehr mannichfaltige Erscheinungen hervorbringen, aber die Regeln, worauf sie sich gründen, sind sehr einfach. Genau betrachtet sind es nur Unterabtheilungen oder nähere Bestimmungen des allgemeinen Gesetzes, daß gleichartige Elektrizitäten einander abstoßen, ungleichartige einander anziehen. Denn unter Anziehung verstehen wir eine Wirkung, die sich auf eine gewisse Entfernung erstreckt; wenn wir also

den elektrischen Materien die Kraft beylegen, einander anzuziehen, so schließt dieß den Begriff von elektrischen Atmosphären oder Wirkungskreisen, das heißt, von einem gewissen Raum, durch welchen sich die Wirkung dieser Kraft erstreckt, in sich — mithin auch die Regel, daß ein Körper, der in den elektrischen Wirkungskreis eines andern gebracht wird, an dem gegenüberstehenden Ende die ungleichartige Elektrizität erlangt. Verbindet man hiermit noch die Erfahrung, daß die Elektrizitäten durch ihre Anziehung einander binden, oder ihre elektrischen Wirkungen gegenseitig aufheben, so hat man alles, was zur Erklärung der Erscheinungen des Elektrophors nöthig ist.

Wenn es in dem vorigen Briefe heißt, daß die Elektrizität des Kuchens zuerst durch Reiben erregt werden müßte, so ist dieß zwar das gewöhnliche, aber nicht das einzige Mittel. Da die Nichtleiter auch eine mitgetheilte Elektrizität annehmen, so kann man den Kuchen auch durch Mittheilung elektrisiren; und man erlangt dadurch den doppelten Vortheil, daß man ihn nicht nur positiv oder negativ elektrisiren, sondern auch seine Elektrizität auf einen viel höhern Grad treiben kann, als es durchs Reiben möglich ist. Das Verfahren ist verschieden. Man ladet z. B. eine Flasche an einem positiven Conduktor, faßt sie mit der einen Hand an der äußern Belegung

an, und fährt mit dem Knopf auf der Oberfläche des Kuchens herum, indem man zugleich mit der andern Hand die Form berührt; dadurch wird der Kuchen positiv elektrisirt. Faßt man aber die Flasche an dem Knopf an, und fährt mit der äußern Belegung auf dem Kuchen herum, so wird seine Elektrizität negativ. Ist die Flasche an einem negativen Conduktor geladen, so wird der Kuchen durch den Knopf negativ, und durch die äußere Belegung positiv elektrisirt.

Bey einem positiv elektrisirten Elektrophor sind übrigens die Erscheinungen ganz dieselben, wie bey einem negativen, nur die Elektrizitäten umgekehrt.

Eine andere Methode ist, daß man einen kleinen metallenen Körper, z. B. einen messingenen, etwa einen Zoll hohen Ring, auf den Kuchen setzt, und ihm entweder durch den Conduktor, oder durch den Deckel eines andern Elektrophors einzelne Funken ertheilt. Man schiebt ihn nach einem jeden Funken mit einem nichtleitenden Körper, einer Stange Siegellack oder einem Federkiel, von seiner Stelle fort, so lange bis er auf der ganzen Oberfläche herumgekommen ist. Auf diese Art kann man ein paar Elektrophore fast ganz durch sich selbst auf einen hohen Grad von Elektrizität bringen. Man reibt nehmlich den einen Elektrophor, den wir A nennen wollen, mit der trockenen Hand nur so viel, daß

man aus dem Deckel ganz schwache Funken ziehen kann; auf den Kuchen des andern, B, setzt man den gedachten Ring und elektrisirt ihn durch den Deckel des erstern auf die eben beschriebene Weise. Dadurch wird der Kuchen von B positiv-elektrisch. Ist der Ring einmal herumgerückt worden, so setzt man ihn auf A, und elektrisirt ihn nun auf die nehmliche Art durch den Deckel von B, (der natürlich negativelektrisch ist). Die Elektrizität von A wird dadurch schon merklich verstärkt. Alsdenn setzt man den Ring wieder auf B, und elektrisirt ihn von neuem durch den Deckel von A; und so fährt man eine Zeitlang fort, ihn abwechselnd auf A und auf B herumzuführen. Durch dieses Mittel wächst die Elektrizität beyder Elektrophore so sehr, daß, wenn sie Anfangs kaum Funken von einer Linie gaben, sie oft in kurzem Funken von mehrern Zollen geben. Herr Hofr. Lichtenberg hat beyde Elektrophore in einen einzigen von ovaler Form verbunden, der also auf die beschriebene Weise an dem einen Ende positiv, und an dem andern negativ elektrisirt werden kann. Daher hat er ihn den doppelten Elektrophor genannt (s. Fig. 30.).

So wie man bey der Kleistischen Platte anstatt des Glases auch andere Nichtleiter gebrauchen kann, so kann man auch bey dem Elektrophor anstatt des Harzes einen andern nichtleitenden Körper nehmen,

z. B.

z. B. Glas, wollene oder seidene Zeuge, Katzen- und verschiedene andere Thierfelle, Papier u. s. w. Doch werden die Zeuge sowohl, als die Felle und das Papier am besten in einen Rahmen gespannt, und ohne Unterlage in freyer Luft gebraucht. Diese Art von Elektrophor ist eine Erfindung von Hrn. Weber, Professor zu Dillingen, der ihnen den Namen Luftelektrophore gegeben hat, eben weil sie nur frey in der Luft hängend gehörige Dienste thun.

Hundert und fünf und sechszigster Brief.

Mit dem Elektrophor hat der Condensator oder Conservator, der ganz eine Erfindung des Hrn. Volta ist, große Aehnlichkeit. Er besteht gleichfalls aus zwey Stücken, einer Basis und einem mit seidenen Schnüren oder einem isolirenden Griff versehenen Deckel. Die Basis aber ist hier nicht aus einem Leiter oder Nichtleiter zusammengesetzt, sondern besteht aus einem einzigen halbleitenden Körper, z. B. einer polirten Marmorplatte, oder einem recht trockenen und glattgehobelten Holz. Denn der Zweck dieses Instruments ist nicht, wie bey dem Elektrophor, der Basis eine Elektrizität zu ertheilen, um durch Beyhülfe ihrer

Atmosphäre den Deckel zu elektrisiren, sondern man bedient sich desselben, um eine zerstreute und ganz unmerkliche Elektrizität so zu verdichten, daß sie eine merkliche Wirkung auf das Elektrometer hervorbringt. Man verfährt dabey auf folgende Weise: Der Deckel wird auf die Basis, die nicht isolirt seyn darf, und von der man versichert seyn muß, daß sie ganz unelektrisch ist, gelegt, und mit dem Körper, dessen Elektrizität man untersuchen will, in leitende Verbindung gebracht. Nach einer Weile nimmt man die Verbindung vermittelst eines Nichtleiters weg, hebt den Deckel an seinen Schnüren in die Höhe, und bringt ihn an den Deckel eines Cavallo'schen oder Bennetschen Elektrometers; so wird das Auseinanderfahren der Kügelchen oder Goldblättchen die Elektrizität anzeigen. Nicht selten wird die Elektrizität so sehr in dem Deckel verdichtet, daß man den Funken durch ihn erhält, wo man ohne ihn keine Spur von Elektrizität entdecken konnte.

Um diese Wirkungen, die, wie Sie sehen, von den Wirkungen des Elektrophors ganz verschieden sind, zu erklären, erinnern Sie sich nur an das, was ich von der Capazität der Körper in Rücksicht auf die Elektrizität gesagt habe. *) Ein jeder Körper kann nur eine gewisse Quantität von elektrischer

*) s. den 157sten Brief.

Materie aufnehmen, so wie man in ein Gefäß nicht über ein gewisses Maaß einer Flüssigkeit hineinbringen kann. Durch dieses Maaß, diese Quantität wird die Capazität des Gefässes wie des Körpers bestimmt oder bezeichnet: je größer das Maaß, desto größer ist die Capazität. Ist die flüssige Materie unelastisch, oder so wenig elastisch, wie das Wasser, so ist es einerley, ob man sie in das Gefäß hineintröpfelt oder hineingießt, ob man sie ganz sanft und allmählich hineinschüttet oder mit Gewalt hineinpreßt — es wird in dem einen Fall nicht mehr als in dem andern hineingehen; und wenn das Gefäß z. B. halb voll ist, so hindert dieß die übrige Flüssigkeit nicht, die andere Hälfte einzunehmen. Ganz anders aber verhält es sich, wenn die Materie elastisch ist, wie die Luft; alsdann geht offenbar desto mehr in das Gefäß, je stärker ich sie hineindrücke. Hier kann man niemals sagen, daß das Gefäß nur halb voll wäre, sondern die geringste Quantität der elastischen Materie erfüllt es ganz, und verwehrt der zunächst eindringenden den Eingang. Hat diese also nicht Kraft genug den Widerstand zu überwinden, so kann sie nicht in das Gefäß hineinkommen, und dieses wird also viel weniger Materie enthalten, als es seiner Capazität nach fassen könnte. Giebt es aber irgend ein Mittel den Widerstand der in dem Gefäß vorhandenen Flüssigkeit aufzuheben, (indem

man sie z. B. gegen den Boden drückt, und da in einen kleinen Raum einschließt), so kann das Gefäß eine neue Quantität dieser Flüssigkeit, wenn ihre Kraft gleich noch so gering ist, aufnehmen. Verfährt man mit dieser wie mit der ersten, so bahnt man wieder einer neuen Quantität den Weg, und so kann am Ende die vorher zerstreute und verdünnte Materie in den kleinen Raum des Gefässes gebracht und darin verdichtet werden.

Offenbar gehört die elektrische Materie zu der letztern Klasse von Flüssigkeiten, nehmlich zu den elastischen. Wenn sie sich also in irgend einem Körper anhäufen und verdichten soll, so muß entweder die Kraft, mit der sie in denselben hineindringt, stark genug seyn, um den Widerstand der schon vorhandenen Materie zu überwinden, oder man muß diesen Widerstand aus dem Wege räumen. Und eben dieß letztere wird durch die halbleitende Basis des Condensators bewirkt. Der Deckel ist der Körper, in welchem sich die elektrische Materie anhäuft.

Nun wollen wir uns einen Körper A vorstellen, in dem zwar eine beträchtliche Menge von elektrischer Materie enthalten ist, aber so zerstreut und ausgedehnt, daß ihre Elektrizität unmerklich ist. Dieser Körper wird mit dem Deckel des Condensators in leitende Verbindung gebracht, es geht also etwas weniges elektrische Materie in diesen über. Dieses we-

nige würde hinreichend seyn, allen fernern Uebergang von elektrischer Materie aus A zu verhindern, wenn der Deckel vollkommen isolirt wäre, und es also seine Wirksamkeit behielte. Da aber der Deckel auf einem halbleitenden Körper ruht, so zieht sich die elektrische Materie in diesen hinein, doch ohne ganz in ihn überzugehen, (eben weil er nur ein Halbleiter ist,) das heißt, sie bringt in ihm eine Vertheilung hervor, wodurch sie selbst gebunden wird, kann also nicht mehr dem Eindringen neuer elektrischer Materie widerstehen. Jede neue Quantität wird auf gleiche Art gebunden; und so kann sich nach und nach eine beträchtliche Menge anhäufen. Wird daher der Deckel endlich aufgehoben, so zieht sich die gebundene elektrische Materie aus dem Halbleiter wieder in den Deckel zurück, und wird frey oder sensibel.

Hier ist also der Prozeß gewissermaßen umgekehrt, wie bey dem Elektrophor. Dort wird nehmlich durch die Elektrizität des Kuchens eine Vertheilung in dem Deckel bewirkt; hier aber wird durch die Elektrizität des Deckels eine Vertheilung in der Basis hervorgebracht. Sie sehen daraus, wie nothwendig es ist, daß diese nicht schon vorher elektrisirt sey, denn sonst würde eine Vertheilung in dem Deckel entstehen, und dadurch das Instrument ganz unbrauchbar werden.

Wenn man zu besorgen hat, daß die Marmorplatte, die man zur Basis anwenden will, noch zu stark leiten möchte, so muß man sie mit einem Firniß, oder besser mit einem feinen Taft überziehen. Noch bequemer ist es, den Deckel selbst in den Taft einzunähen, alsdann kann man Tische, Stühle, und andere schlecht leitende Körper zur Basis nehmen.

Hr. Hofr. Lichtenberg schlägt vor, eine dünne Luftschicht mit einer leitenden Platte als Basis zu gebrauchen; welches nicht nur einen sehr wohlfeilen, sondern auch ganz vorzüglich brauchbaren Condensator abgiebt. Zur leitenden Platte nimmt man eine Scheibe von Holz oder Pappe mit Stanniol überzogen, oder die äußere Seite eines flachen zinnernen Tellers, worauf man drey Stückchen Glas, so klein als man sie nur aus zerschlagenem Fensterglas erhalten kann, in einen ungefähr gleichseitigen Triangel legt. Auf diese drey Punkte wird der Deckel gesetzt, und übrigens wie bey einem andern Condensator verfahren.

Nach dieser Idee hat Cavallo einen Condensator mit einer doppelten Luftschicht eingerichtet, den er mit einem besondern Namen den Elektrizitäts, sammler oder Collektor genannt hat.

Eben derselbe geschickte Physiker ist auch zuerst auf den glücklichen Gedanken gerathen, mit einem größern Condensator einen kleinern zu verbin-

den. Wenn nehmlich die Elektrizität so schwach ist, daß ein Condensator von gewöhnlicher Größe sie nicht merklich genug machen kann, so bringt man den Deckel desselben an den Deckel eines zweyten kleinern Condensators. Vermittelst eines solchen Apparats ist man im Stande die kleinsten Grade von Elektrizität oft bis zu Funken zu verstärken.

Bey vielen Erscheinungen der Natur ist die Elektrizität entweder als Ursache oder als Wirkung vorhanden, aber oft so zerstreut, daß sich ihre Gegenwart ohne Condensator nicht erkennen läßt. Sie sehen daher, wie wichtig die Erfindung dieses Instruments für die ganze Naturlehre ist.

Hundert und sechs und sechszigster Brief.

Die Elektrizität ist, wie ich am Ende des vorigen Briefes bemerkt habe, bey sehr vielen Naturerscheinungen wirksam. So wissen wir z. B., daß der Thau, der Nebel, der Regen, der Schnee, der Hagel immer mit Elektrizität verbunden sind; und überhaupt hat man entdeckt, daß unsere Atmosphäre beständig mehr oder weniger elektrisch ist. Auf die Beobachtung dieser Luftelektrizität wenden die Physiker jetzt eine vorzügliche Aufmerksam-

keit. Die Mittel, deren sie sich dazu bedienen, sind verschieden. Oft läßt sie sich schon bemerken, wenn man auf den Deckel eines Bennetschen Elektrometers eine metallene Spitze von 1 bis 2 Fuß befestigt, und es so in der freyen Luft in die Höhe hält. Ist die Spitze nicht hinreichend, so zündet man einen Schwefelfaden oder einen schmalen Streifen Leinwand über dem Deckel an. Der aufsteigende Rauch, der ein vortreflicher Leiter ist, führt die elektrische Materie sehr leicht herbey. Hr. Volta behauptet in einem Briefe an Hrn. Hofr. Lichtenberg, daß man durch Hülfe eines solchen Schwefelfadens und eines Condensators eine Luftelektrizität entdecken könne, die tausendmal geringer wäre, als die kleinste, die das Elektrometer ohne Flamme und ohne Condensator anzeigt. — Da die Stärke der Luftelektrizität weiter von der Erde zunimmt, so pflegt man auch einen spitzigen Draht an einer hohen Stange, oder an dem Dach eines Hauses zu isoliren.

Vorzüglich aber wird der elektrische Drache zur Erforschung der Luftelektrizität in den höhern Gegenden der Atmosphäre gebraucht. Der gewöhnliche Drache nehmlich, womit man die Knaben sich häufig ergötzen sieht, wurde zuerst von Franklin gebraucht, um seine Muthmaßungen über die Elektrizität der Gewitterwolken zur Gewißheit zu bringen; und es ist dieß nicht das erste Bey-

spiel, daß ein Kinderspiel in der Hand eines Mannes von Geist zu einem wichtigen Werkzeuge wurde. Nachher wandte ihn de Romas in Frankreich, ohne Franklins Versuche zu kennen, zu demselben Endzweck an; seine Versuche aber lehrten zugleich, daß es viel zu gefährlich sey, einen Drachen steigen zu lassen, wenn Gewitterwolken am Himmel stehen. Er pflegte die hänfene Schnur desselben, die noch mit Draht durchflochten war, um die Elektrizität besser zu leiten, an eine blecherne Röhre, die als Conduktor diente, zu befestigen. Aus diesem konnte er am 7. Jul. 1753 Funken ziehen, deren Schall man 200 Schritte weit hörte. In einer Entfernung von drey Schritten von der Schnur fühlte er die bekannte Wirkung der Elektrizität, als ob Spinweben über das Gesicht gezogen würden. Strohhalmen, die unter dem Conduktor lagen, wurden von ihm angezogen, und tanzten wie Puppen im Kreise herum. Endlich erfolgte eine Explosion mit einem Feuerstrahl 8 Zoll lang und 5 Linien dick, und einem überaus heftigen Knall. Zu einer andern Zeit entstanden bey ähnlichen Versuchen Feuerstrahlen von 10 Fuß Länge und 1 Zoll Dicke, deren Knall einem Pistolenschusse glich, so daß man es gar nicht wagen durfte sich der Schnur zu nähern.

Jetzt bedient man sich daher des Drachens nur, um die tägliche Luftelektrizität zu beobachten, so lan-

ge sich keine Gewitterwolken in der Nähe des Zeniths befinden. Zu dieser Absicht sind die gewöhnlichen papiernen Drachen, die eine Länge von ungefähr vier, und eine Breite von zwey Schuh haben, am besten. Das Papier wird mit Firniß überzogen, oder in Leinöl getränkt, um nicht so leicht von der Nässe zu leiden. Die Schnur, auf die hier sehr viel ankommt, muß die Elektrizität gut leiten, und daher mit einem metallenen Faden, wozu die unächten Goldfäden am tauglichsten sind, durchflochten werden. — Hat man einen solchen Drachen steigen lassen, so isolirt man das Ende der Schnur, (durch eine seidene Schnur oder ein seidenes Band) und bringt sie vermittelst eines Drahts mit einem kleinen isolirten Conduktor, oder einem Elektrometer, oder einer leydner Flasche in Verbindung, je nachdem es die Absicht der Untersuchung erfordert.

Aus den vielfältigen Versuchen, die man bisher durch Hülfe dieser Instrumente über die Luftelektrizität angestellt hat, hat man gesehen, 1) daß in der Luft immer einige Elektrizität vorhanden ist, und zwar daß sie bey kaltem Wetter stärker, als bey warmem zu seyn pflegt; 2) daß diese Elektrizität bey heiterm Wetter allezeit positiv ist, und nur durch Wolken und Regen in die entgegengesetzte verwandelt wird; 3) daß sie in der Höhe stärker,

als an niedrigen Orten ist; 4) daß sie täglich vom Morgen bis zum Mittag zu wachsen und den Nachmittag wieder abzunehmen pflegt.

Eine wichtige Frage ist es, woher die Luftelektrizität entstehe; aber darüber hat man bis jetzt noch keine gewissen Erfahrungen, sondern nur Muthmaßungen. Sonst glaubte man, daß das Reiben der Wolken und Lufttheilchen gegen einander die Ursache der Luftelektrizität wäre; diese Meynung aber hat man längst wieder aufgegeben. Seitdem man entdeckt hat, daß der Turmalin durch Erwärmung und Erkältung Elektrizität annimmt, ist man geneigter zu glauben, daß die Erde und die Luft auf eine ähnliche Art, durch Veränderung ihrer Temperatur, elektrisirt werden. Ferner weiß man jetzt, daß bey Entstehung der Dünste Elektrizität erzeugt wird; es ist also nicht unwahrscheinlich, daß die große Menge der täglich aufsteigenden Dünste Elektrizität in der Luft verbreiten. Und wie viel andere uns noch unbekannte Mittel mag die Natur nicht haben, Elektrizität zu erregen. Es ist ein merkwürdiger Gedanke des Hrn. de Lüc, dieses großen Naturforschers, daß bey vielen Lufterscheinungen elektrische Materie erzeugt oder zusammengesetzt, und bey andern wieder zerstört oder zersetzt werde.

Am auffallendsten für uns erscheint die Luftelektrizität unstreitig bey den Gewittern. Denn daß der

Blitz nichts anders als eine elektrische Erscheinung ist, davon ist schon in dem 142sten und einigen der folgenden Briefe hinlänglich gesprochen worden. Ich merke hier nur an, daß die Meynung von der Elektrizität der Gewitter zuerst von einem Deutschen, dem Professor Johann Heinrich Winkler zu Leipzig, im Jahr 1746 öffentlich vertheidigt wurde. Niemand aber hat sie mit bessern Gründen unterstützt und weiter verfolgt, als Dr. Franklin. Diesem berühmten Amerikaner glückte es endlich im Jahr 1752 seine Vermuthung durch den elektrischen Drachen zur Gewißheit zu bringen. Bey einer vorüberziehenden Gewitterwolke zog er aus einem an das Ende der Schnur gebundenen Schlüssel Funken, die den Funken eines Conduktors völlig gleich waren. Kurz vorher hatten schon zwey seiner eifrigen Anhänger in Frankreich durch aufgerichtete Stangen elektrische Funken bey vorüberziehenden Gewittern erhalten, und dadurch die Richtigkeit seiner Theorie außer Zweifel gesetzt.

Was diese Entdeckung besonders wichtig macht, ist die Anwendung, die dieser große Mann davon gemacht hat. Sie kennen die Blitzableiter — diese für die Menschen so wohlthätige Erfindung war eine Folge der ersten Entdeckung von der Elektrizität der Gewitter. Denn da die Metalle als die besten Leiter der elektrischen Materie bekannt waren, und

man überdieß die Wirkung der Spitzen auf die Elektrizität kannte: so schlug Franklin vor, durch eiserne oben zugespitzte Stangen, die man auf dem Dache befestigen und durch einen starken Draht mit der Erde in Verbindung bringen sollte, das elektrische Feuer des Himmels in die Erde zu leiten, und dadurch die Gebäude vor den zerstörenden Wirkungen des Blitzes sicher zu stellen. Dieser Vorschlag wurde zuerst von seinen Landsleuten mit glücklichem Erfolg ausgeführt. Allein die Furcht, durch ein so gefährliches Mittel den Blitz mehr herbey zu ziehen als wegzuleiten, machte, daß die Erfindung anfangs wenig Beyfall fand, bis endlich Theorie und Erfahrung die Güte derselben augenscheinlich bewiesen. Jetzt sind die Blitzableiter eine so bekannte Sache, daß ich nicht nöthig habe, bey der Beschreibung derselben zu verweilen. Nur muß ich erinnern, daß man anfänglich, besonders in England, sehr gestritten hat, ob es besser wäre, die Enden der Blitzableiter stumpf oder spitzig zu machen. Die sorgfältigsten Versuche entschieden unwidersprechlich für die Spitzen, die man daher auch beständig beybehalten hat. Nicht so ausgemacht aber ist es, ob eine oder mehrere Spitzen den Vorzug verdienen. Es wird schwer seyn, dieß durch die Erfahrung zu entscheiden; die Theorie scheint indessen für eine einzige zu sprechen.

Hundert und sieben und sechszigster Brief.

So fürchterlich der Donner unsern Ohren klingt, und so schrecklich öfters die Wirkungen des Blitzes sind, so heilsam ist gleichwohl der Einfluß der Gewitter auf die ganze Natur, die belebten sowohl als unbelebten Geschöpfe. Es ist eine sehr bekannte Sache, daß Bäume und Pflanzen, wenn eine Reihe heißer Sommertage sie welk und dürr gemacht hat, sich oft nach einem Gewitter zusehends erholen, eine frischere Farbe und ein blühenderes Ansehen gewinnen, und mit neuer Kraft in die Höhe treiben. Die Gewitterregen werden allgemein für sehr fruchtbar gehalten, und man hat ihre Fruchtbarkeit vorzüglich als eine Wirkung der Elektrizität angesehen. So wie durch die Elektrizität die Ausdünstung in den thierischen Körpern befördert, der Umlauf des Bluts beschleunigt, und überhaupt die Bewegung der Säfte vermehrt wird, so, glaubte man, würde durch sie auf eine ähnliche Weise auch der Umlauf der Säfte in den Pflanzen befördert, und dadurch der Wachsthum derselben beschleunigt. Mehrere Versuche, die in dieser Rücksicht mit der künstlichen Elektrizität angestellt wurden, schienen diese Meinung zu bestätigen, und es galt daher für eine ausgemachte Sache, daß die Elektrizität den Wachsthum der

Pflanzen ungemein begünstige. Neuerlich aber hat ein vortreflicher Naturforscher in Wien, Herr Ingenhouß, dem wir so viele wichtige Entdeckungen in der Oekonomie der Pflanzen verdanken, gegen diese allgemeine Meynung sehr gegründete Zweifel erhoben. Er hat eine große Menge der sorgfältigsten Versuche angestellt, deren Resultat durchgehends dieses war, daß elektrisirte Pflanzen weder schneller noch üppiger wachsen, als nicht elektrisirte. Eine andere Entdeckung, die er über den Einfluß des Sonnenlichts gemacht hatte, erklärte ihm auch den wahrscheinlichen Ursprung jenes Irrthums. Er hatte nehmlich beobachtet, daß das helle Sonnenlicht jungen Pflanzen nicht so zuträglich wäre, als ein schwächeres Licht, und daß sie daher im Fenster oder an solchen Orten, wo sie dem Sonnenschein ausgesetzt sind, nicht so schnell wüchsen, als im Hintergrund des Zimmers oder an dunklern Orten. Wenn also die Elektrisirmaschine bey jenen Versuchen, die man über den Einfluß der Elektrizität auf die Pflanzen anstellte, im Hintergrund des Zimmers stand, wie dieß wohl mehrentheils der Fall ist, und die zu elektrisirenden Pflanzen in die Nähe derselben, die nicht elektrisirten aber recht weit von ihr, ins Fenster, gestellt wurden: so wuchsen jene natürlich schneller, als diese; und man schrieb das der Elektrizität zu, was doch nur eine Wirkung des verminderten Sonnenlichts war.

Nicht minder sorgfältige Versuche hat derselbe Naturforscher mit der natürlichen oder der Luftelektrizität angestellt, und die Resultate derselben stimmten mit den vorigen vollkommen überein. Gleichwohl ist er weit entfernt, den Einfluß der Elektrizität auf die Pflanzen überhaupt zu läugnen. Vielmehr, da wir wissen, daß beständig Elektrizität in der Luft vorhanden ist, und die scharfen Ränder der Blätter sehr geschickt sind sie aufzunehmen, so ist es nicht unwahrscheinlich, daß die Pflanzen eine gewisse Quantität von elektrischer Materie zu ihrem Fortkommen nöthig haben; aber daß durch die verstärkte Elektrizität der Wachsthum derselben vermehrt würde, das ists, was wir den gedachten Versuchen zufolge nicht zugeben können.

Vielleicht werden Sie mir die schon oben angeführte Erfahrung entgegensetzen, daß die Gewitter, die man doch für elektrische Erscheinungen hielt, den Wachsthum der Pflanzen sichtbar beförderten. Allein darauf läßt sich antworten, daß der mit dem Gewitter verbundene Regen, und andere durch dasselbe bewirkte Veränderungen in der Luft und der Erde einen größern Antheil an dieser Fruchtbarkeit haben können, als die elektrische Materie. Auch kann man nur den Blitz und nicht das ganze Gewitter für eine elektrische Erscheinung ansehen. Von der Natur der Gewitter ist uns noch wenig bekannt,

und

und es ist ein sehr scharfsinniger Gedanke des Hrn. Hofr. Lichtenberg, daß die Gewitter wahrscheinlich große chemische Prozesse in unserm Luftkreise, und die Blitze nur untergeordnete Begleiter derselben wären, die wir blos deßwegen zur Hauptsache machten, weil sie durch die Gefahr, womit sie uns drohen, unsere Aufmerksamkeit am meisten an sich zögen.

Von dem Einfluß der Elektrizität auf den thierischen Körper sage ich nichts, da schon in dem 137sten Briefe davon gesprochen ist. Aber der neuentdeckten sogenannten thierischen Elektrizität muß ich wenigstens mit ein paar Worten gedenken, da diese Entdeckung nicht nur an sich merkwürdig ist, sondern auch die Neugierde der Physiker sehr erregt und ihre Aufmerksamkeit auf sich gezogen hat. Die Entdeckung rührt von Hrn. Galvani, Professor der Arzneywissenschaft zu Bologna, her. Dieser war in einem Zimmer, wo sich eine Elektrisirmaschine befand, mit Anatomiren von Fröschen beschäftigt, und es traf sich, daß, da er eben einen entblößten Nerven mit dem anatomischen Messer berührte, jemand aus dem Conduktor einen Funken zog; sogleich entstanden durch den ganzen Körper des Frosches starke Zuckungen. Dieß machte ihn aufmerksam, er wiederholte den Versuch und fand, daß die Muskeln allemal in Zuckungen geriethen, wenn er den daran liegenden Nerven mit einem leitenden Körper berühr-

te, und jemand zu gleicher Zeit einen Funken aus dem Conduktor zog. Weder er, noch der Frosch waren dabey mit der Elektrisirmaschine in leitender Verbindung. Wurde der Nerve mit einem Nichtleiter berührt, so entstanden, unter übrigens gleichen Umständen, keine Zuckungen. Die positive wie die negative Elektrizität hatten einerley Wirkung; auch wurde die Luftelektrizität angewandt, und der Erfolg blieb immer derselbe. Mehr noch aber als diese Erscheinung erregte eine andere Beobachtung das Erstaunen des Herrn Galvani: er bemerkte nehmlich, daß, wenn der Nerve mit einem Drath durchstochen, oder mit einem Metall umwunden, oder überhaupt nur in Berührung damit gebracht wurde, und man das Metall und den dem Nerven zugehörigen Muskel durch einen leitenden Körper verband, jederzeit ähnliche Zuckungen, wie bey den vorigen Versuchen, entstanden. (Nicht alle Metalle bewirken eine gleich starke Erschütterung. Am stärksten ist sie, wenn man zur Belegung des Nerven Zink, und zum leitenden Körper (zum Auslader) Silber nimmt. Ueberhaupt ist es zu einem guten Erfolg nothwendig, daß das Metall der Belegung und des Ausladers verschieden sind). Berührt man die Nervenbelegung und den Muskel mit einem Nichtleiter, oder mit einem unterbrochenen Leiter, so erfolgt nichts. Dieß brachte ihn auf den Gedanken von einer den Thieren eigen-

thümlichen Elektrizität, die in den Nerven und den Muskeln entgegengesetzt wäre, und diese nannte er die thierische Elektrizität.

Seine Versuche wurden bald von andern Naturforschern in- und außerhalb Italien wiederholt und richtig befunden. In Deutschland aber scheint man nicht so geneigt zu seyn, gleich eine besondere Art von Elektrizität, oder eine eigene Materie zur Erklärung der angeführten Erscheinungen anzunehmen. Ich habe eben das neueste Heft des vortrefflichen Journals der Physik vor mir *), worin von den Versuchen des Hrn. Galvani sowohl, als eines andern italienischen Naturforschers, des Hrn. Valli, ausführliche Nachricht gegeben wird. Diesen fügt der Herausgeber, der um die Naturwissenschaften so verdiente Hr. Prof. Gren in Halle, seine Bemerkungen bey, woraus ich Ihnen nur folgende Stelle mittheilen will: „Was mich betrifft, so gestehe ich „freymüthig, daß es mir zu früh dünkt, aus den „bis jetzt bekannt gewordenen Thatsachen schon phy„siologische Erklärungen ziehen zu wollen. — Schon „der Name thierische Elektrizität scheint „mir nicht gut gewählt, da er schon auf eine Ursach „leitet, die vielleicht gar nicht einmal da ist. Schon „um der leidigen Magnetisirer willen sollte man die-

*) des sechsten Bandes dritttes Heft.

„sen Namen nicht brauchen. Denn schon wahre „Physiker behaupteten die Gleichheit der elektrischen „und magnetischen Materie; jene werden also zwi„schen thierischer Elektrizität und thierischem Magne„tismus bald den Rapport zu machen wissen.“ Hierauf führt er den wahrhaft philosophischen Gedanken seines Freundes des Hrn. Prof. Reil an, alle jene Erscheinungen auf die bisher längst bekannte Reizbarkeit der Muskeln, und insbesondere ihre Empfindlichkeit gegen den Reiz der elektrischen Materie zurückzuführen. Die Meinung dieses achtungswürdigen Gelehrten geht dahin, daß bey der Berührung zwischen dem Metall des Ausladers und dem davon verschiedenen der Belegung des Nerven, oder vielmehr durch die Berührung zwischen dem mit dem Muskel in Verbindung stehenden Metalle und der Belegung des Nerven, Elektrizität erregt, das heißt, das Gleichgewicht der natürlichen Elektrizitäten gestört würde. Der Muskel wäre vielleicht das empfindlichste Elektroskop, und auch für die Reizung der elektrischen Materie empfindlicher als für andere Reize. Folglich würden auf diese Weise die Zuckungen der Muskelfasern nur Wirkung der bekannten Reizbarkeit derselben, der bekannten Empfindlichkeit des Nerven, und der bekannten Reizung der künstlichen Elektrizität seyn, die hier erregt wird. Hr. Prof. Reil giebt selbst in einem Briefe an den Heraus-

geber die Resultate seiner in dieser Rücksicht angestellten Versuche an. Er bemerkte, daß, wenn man den Leiter auch nur auf den Muskel, nicht auf den Nerven, hielt, der Muskel beym Ausziehen der Funken aus dem Conduktor in Zuckungen gerieth. Im Dunkeln nahm er an dem untern Ende des Leiters einen feurigen Kreis wahr, wenn es den Muskel berührte, und einen kleinen Funken, der in den Muskel überging, wenn es eine Linie von demselben entfernt wurde. Dieß scheint seine Meinung sehr zu begünstigen, denn es ist höchst wahrscheinlich, daß bey dem Uebergang der Funken aus dem Conduktor in einen benachbarten Leiter, auch in der umgebenden Luft das Gleichgewicht der Elektrizität plötzlich gestört wird, und so auch in dem auf dem Nerven oder dem Muskel stehenden Leiter in dieser Atmosphäre, also die Zuckungen durch den Reiz der künstlichen Elektrizität erregt werden. Durch den Funken aus der Leydner Flasche wird unter denselben Umständen keine Erschütterung hervorgebracht, weil dadurch in der umgebenden Luft kein Gleichgewicht der Elektrizität gestört wird.

Unterdessen bleiben die Galvanischen Versuche und Beobachtungen in mehr als einer Rücksicht immer sehr merkwürdig, wenn gleich das Daseyn einer besonderen den Thieren eigenthümlichen Elektrizität nicht dadurch bewiesen werden sollte.

Länger bekannt und nicht so zweifelhaft ist eine andere Art von thierischer Elektrizität, der ich zum Schluß dieses Briefes erwähnen will, ich meyne die Elektrizität, die man in einigen Fischen bemerkt hat. Man nennt diese Fische mit einem gemeinschaftlichen Namen Zitterfische oder elektrische Fische, und es sind bis jetzt vier Arten derselben bekannt: 1) der Zitteraal; 2) der Zitterrochen; 3) der Zitterwels; und 4) eine Art der Stachelbäuche. Sie haben die merkwürdige Eigenschaft, daß, wenn man sie entweder unmittelbar oder mit einem leitenden Körper berührt, sie einem nach Willkühr einen erschütternden Schlag ertheilen können, der dem Schlag einer Leydner Flasche ähnlich ist. Im Wasser sind sie im Stande, kleine Fische in einer Entfernung von mehrern Fußen zu betäuben oder gar zu tödten. Berührt man sie mit Nichtleitern, so erhält man keinen Schlag. Dadurch wird es schon sehr wahrscheinlich, daß die Elektrizität die Ursach dieser Erschütterung ist; man kann aber nicht mehr daran zweifeln, seitdem man dabey auch das elektrische Licht wahrgenommen hat. Die Elektrizität dieser Thiere ist nicht durch den ganzen Körper verbreitet, sondern hat ihren Sitz in besondern auf beyden Seiten liegenden Organen, die an Größe fast ein Drittheil des ganzen Thiers ausmachen, und sehr reich an Nerven und Blutgefäßen sind.

Hundert und acht und sechszigster Brief.

Es ist Zeit, daß ich eine Materie, von der ich Sie so lange unterhalten habe, endlich beschließe. Die Erscheinungen der Elektrizität sind, wie Sie gesehen haben, so merkwürdig und zum Theil so verwickelt, daß Sie hoffentlich nicht unzufrieden seyn werden, so lange dabey verweilt zu haben. Zum Beschluß muß ich noch etwas von den Theorien der Elektrizität sagen. Ich habe mich bisher durchgängig so ausgedrückt, als ob es zwey elektrische Materien gäbe, die eine starke chemische Verwandtschaft gegen einander hätten, sich anzögen und durch ihre Vereinigung einander bänden, dagegen die Theile einer jeden allein sich untereinander abstießen; aber ich habe gleich zu Anfang erinnert *), daß andere Physiker nur eine einzige elektrische Materie gelten ließen, aus deren Mangel oder Ueberfluß sie beyde Arten der Elektrizität herleiteten. Die letztere Meinung rührt von Franklin, die erstere aber von Robert Symmer, einem Engländer, her. Noch ist es nicht entschieden, welche von beyden die richtigere sey; indessen gewinnt die Symmersche unter den respektabelsten Physikern immer mehr Beyfall,

*) im 150sten Briefe.

und daher bin ich auch ihr in den vorhergehenden Briefen gefolgt. Die Franklinische Theorie wird am meisten noch vor den Engländern vertheidigt. Sie ist älter als die andere, und hat schon das große Verdienst, daß sie zuerst Licht in die Dunkelheiten der Elektrizität gebracht hat. Die Hauptsätze derselben sind ungefähr folgende:

1) Die elektrischen Erscheinungen hängen von einer feinen, elastischen Materie ab, die durch alle Körper der Erde verbreitet ist und sich beständig im Gleichgewicht zu erhalten strebt.

2) So lange die in einem jeden Körper von Natur enthaltene Quantität dieser Materie unverändert bleibt, befindet sich die Materie im Gleichgewicht, und die Körper zeigen alsdenn keine Elektrizität.

3) Sobald aber die natürliche Quantität in einem Körper oder in einem Theil desselben vermehrt oder vermindert wird, sobald wird das Gleichgewicht der Materien aufgehoben und der Körper elektrisch; und zwar im ersten Fall positiv, im andern negativ.

4) Die Theile der Materie stoßen sich untereinander ab, werden aber von den Theilen anderer Körper angezogen.

Dieses System hat darin einige Aehnlichkeit mit dem Eulerischen, daß es die elektrischen Erscheinungen aus dem Ueberfluß oder Mangel einer einzigen Materie erklärt; unterscheidet sich aber übrigens

hinreichend

hinreichend dadurch, daß es die Erscheinungen nicht als blos mechanische Wirkungen der größern oder geringern Elastizität dieser Materie betrachtet.

Ich will nur durch einige Beyspiele zeigen, wie die elektrischen Erscheinungen nach diesem System erklärt werden.

Erstens das elektrische Anziehen und Abstoßen erhellt aus dem vierten Satz. Ein positiv elektrischer Körper macht, daß andere kleine und leichte Körper sich ihm nähern, als ob sie von ihm angezogen würden, weil seine überflüssige elektrische Materie von diesen Körpern angezogen wird; und es ist nur unrecht ausgedrückt, wenn wir sagen, er zöge die andern Körper an. Eine gleiche Bewandniß hat es mit dem Anziehen eines positiv- und negativ-elektrischen Körpers: es sind eigentlich die materiellen Theile des letztern, welche die elektrische Materie des erstern anziehen. Ein negativ-elektrischer Körper aber zieht wirklich andere Körper an sich, indem er die elektrische Materie derselben anzieht.

Das Abstoßen positiv-elektrischer Körper wird hier eben so, wie nach dem andern System erklärt: die Körper sind nehmlich mit einer Materie überfüllt, deren Theile sich unter einander abstoßen.

Negativ-elektrische Körper aber entfernen sich von einander, indem sie aus den benachbarten Lufttheilchen die elektrische Materie an sich ziehen; da sich

nun die Lufttheilchen schwer aus ihrer Stelle bewegen, so bewegen sich die elektrischen Körper zu ihnen hin; denn von zwey Körpern, die einander anziehen, nähert sich immer derjenige dem andern, welcher sich am leichtesten bewegt. Hier findet also kein eigentliches Abstoßen statt.

Am meisten empfiehlt sich das Franklinsche System bey den Erscheinungen der Elektrisirmaschine. Wenn der Nichtleiter durch das Umdrehen positiv elektrisirt wird, also Ueberfluß bekommt, so muß das Reibzeug von seinem natürlichen Antheil verlieren, also negativ elektrisch werden; und überhaupt so oft Elektrizität durch Reiben erregt wird, muß der eine Körper das gewinnen, was der andere verliert; folglich werden jedesmal beyde Elektrizitäten entstehen, welches vollkommen mit der Erfahrung übereinstimmt. Ist das Reibzeug isolirt, so daß es keinen neuen Zufluß von elektrischer Materie erhalten kann, so wird es bald erschöpft seyn, und aufhören dem Nichtleiter elektrische Materie zuzuführen. Man wird daher auch aus dem Conduktor nach den ersten Funken, keine mehr oder doch nur sehr schwache erhalten können. Wenn man z. B. dem Conduktor einen andern leitenden Körper bis auf die Schlagweite nähert, so werden nur wenige Funken von jenem auf diesen überspringen, wenn man gleich die Maschine immer fort dreht; isolirt man aber den

leitenden Körper und bringt ihn durch eine Kette mit dem Reibzeug in Verbindung, so mag man drehen so lange man will, man wird immer gleich starke Funken zwischen dem Conduktor und dem Leiter erblicken. Alsdann geht nehmlich die elektrische Materie des Kissens durch den Nichtleiter und Conduktor in den andern Leiter über, und fließt von hier durch die Kette wieder in das Kissen zurück; geht dann von neuem in den Nichtleiter und Conduktor und aus diesem in den Leiter über, und zirkulirt so immerfort. Hier scheint also in der That das Aus- und Einströmen, der Mangel und Ueberfluß einer und ebenderselben Materie die Erscheinungen hervorzubringen.

Nicht minder stimmt folgende Erfahrung mit diesem System überein: wenn von zwey isolirten Personen die eine eine Glasröhre reibt und die andere dadurch elektrisirt, so werden beyde elektrisch, und zwar jene negativ, diese positiv. Denn durch das Reiben entzieht die Glasröhre jener einen Theil ihrer natürlichen Quantität von elektrischer Materie, welcher dieser mitgetheilt wird; diese empfängt also, was jene verliert, hier entsteht also Ueberfluß, dort Mangel, oder, diese ist positiv, jene negativ elektrisirt.

Eben so gut hängen die Gesetze der Vertheilung mit diesem System zusammen. Denn wenn ein isolirter Stab (wie Fig. 23.) mit dem einen Ende in die Atmosphäre eines positiv-elektrischen Körpers ge-

bracht wird, so stößt die elektrische Materie dieses Körpers die elektrische Materie des Stabes zurück; diese zieht sich daher nach dem entgegengesetzten Ende, und so entsteht hier Ueberfluß und dort Mangel, oder das eine Ende ist positiv, das andere negativ-elektrisch — alles so wie es oben beschrieben ist *).

Lassen sich die Gesetze der Vertheilung aus dieser Theorie herleiten, so lassen sich auch die Erscheinungen der Leydner Flasche, des Elektrophors und des Conduktors daraus erklären, die sich auf jene Gesetze gründen.

Aber, werden Sie denken, warum soll man also noch zwey Materien annehmen, wenn man mit einer auskommen kann? Es ist unstreitig eine Hauptregel in der Naturlehre, die Ursachen, die wir zur Erklärung der Erscheinungen annehmen müssen, nicht ohne Noth zu vervielfältigen, und Franklins System würde daher ohne Widerrede den Vorzug verdienen, wenn es die elektrischen Erscheinungen mit eben der Leichtigkeit, als das andere System, erklärte. Man kann aber nicht leugnen, daß es mehrere Schwierigkeiten unaufgelöst läßt, die dem andern nicht entgegen stehen.

Es muß schon einiges Mistrauen erregen, daß Franklin durch keinen entscheidenden Versuch darthun

*) s. den 155sten Brief.

konnte, welche Art der Elektrizität von einem Ueberfluß, und welche von einem Mangel der elektrischen Materie herrührt; und also nur willkührlich die positive für Ueberfluß und die negative für Mangel annahm.

Ferner habe ich zwar vorhin gesagt, daß das Abstoßen negativ-elektrischer Körper aus dem Anziehen der benachbarten Lufttheilchen erklärt werden müßte; nach der Versicherung einiger Physiker aber geschieht dieses Abstoßen auch im luftleeren Raume, und dann möchte es sich mit der Franklinischen Meinung schwerlich in Uebereinstimmung bringen lassen. Indessen zweifle ich, daß man ein Gefäß so ganz luftleer machen könnte, daß der Versuch entscheidend wäre.

Eine andere Schwierigkeit machen die elektrisirten Spitzen, bey denen man immer einen Wind verspürt, der von der Spitze her weht, sie mögen positiv- oder negativ-elektrisirt seyn. Wilke bestrich eine metallene Spitze mit Phosphor, und beobachtete, wie sich die aufsteigenden leuchtenden Dünste bey verschiedenen Elektrizitäten verhielten. Er fand, daß, wenn die Spitze elektrisirt wurde, die Dämpfe in gerader Richtung fortglänzen, als ob sie von der ausströmenden Materie mit fortgerissen würden; und dieß geschah, die Spitze mochte positiv oder negativ elektrisirt werden. — Brachte er zwey Spitzen,

eine positiv, und eine negativ-elektrisirte, sehr nahe gegen einander, so wurden die leuchtenden Dünste mehrentheils über die eine Spitze zurückgetrieben. Gemeiniglich behielt die positive Spitze die Oberhand. Allein wurde die positive Elektrizität geschwächt, so bekam auch die negative Spitze die Oberhand, und trieb den Dunst der positiven Spitze über ihren Draht zurück. Diese und ähnliche Versuche bewogen diesen scharfsinnigen Naturforscher, das Franklinsche System, dem er bis dahin angehangen hatte, zu verlassen, und das Dualistische oder Symmersche anzunehmen.

Ferner ist oben bemerkt worden, daß die Löcher, die durch den Schlag der Leydner Flasche in ein Kartenblatt gemacht werden, auf beyden Seiten einen aufgeworfenen Rand haben; und dasselbe nimmt man wahr, wenn man die Karte durch den einfachen Funken des Conduktors durchbohrt; dieß scheint zu beweisen, daß die elektrische Materie nicht zu der einen Seite herein, und zu der andern herausschlägt, sondern daß vielmehr zwey elektrische Materien nach beyden Richtungen durchgehen.

Endlich was die Wirkungen der Vertheilung bey der Leydner Flasche, dem Elektrophor und Condensator betrifft, so ist nicht zu leugnen, daß es leichter begreiflich ist, wie eine Materie durch die andere gebunden werde — wovon wir in der Natur meh-

rere Beyspiele haben — als wie Mangel und Ueberfluß einander anziehen und binden können.

Daß sich dagegen nach dem Symmerschen System die elektrischen Erscheinungen auf eine gleichförmigere und ungezwungenere Weise erklären lassen, davon, hoffe ich, werden Sie den Beweis in den vorhergehenden Briefen gefunden haben.

Ueberhaupt aber sehen Sie wohl, daß beyde Systeme größtentheils nur als bildliche Darstellungen der Phänomene selbst, und nicht als eigentliche mechanische Erklärungen zu betrachten sind. Beyde nehmen gewisse Materien an, ohne ihre eigentliche Natur zu bestimmen. Neuerlich hat Hr. de Lüc eine neue Theorie der Elektrizität aufgestellt, wobey er zwar nur ein einziges, aber zusammengesetztes, elektrisches Fluidum annimmt, das seiner Natur nach den Dämpfen ähnlich wäre. So wie diese aus einer gröbern Materie, dem Wasser, und aus einem flüchtigen, elastischen Wesen, dem Feuer, zusammengesetzt sind, so besteht nach ihm auch das elektrische Fluidum aus einem gröbern Stoff, der elektrischen Materie, und einem feinen elastischen Wesen, dem fortleitenden Fluidum (fluide deferent). Aus diesen Eigenschaften hat er die vornehmsten elektrischen Erscheinungen, in beständiger Vergleichung mit den Wirkungen der Dämpfe, überaus scharfsinnig erklärt. Da aber

diese Theorie zu verwickelt ist, als daß sie sich in der Kürze darstellen ließe, und sie überdieß eine Kenntniß von der Natur der Dämpfe voraussetzt, die ich bey Ihnen nicht voraussetzen kann, so begnüge ich mich, ihrer erwähnt und Sie darauf aufmerksam gemacht zu haben.

Ende des zweyten Bandes.

Druckfehler. S. 43. in der 7ten Zeile von unten muß Kometen statt Planeten gelesen werden.

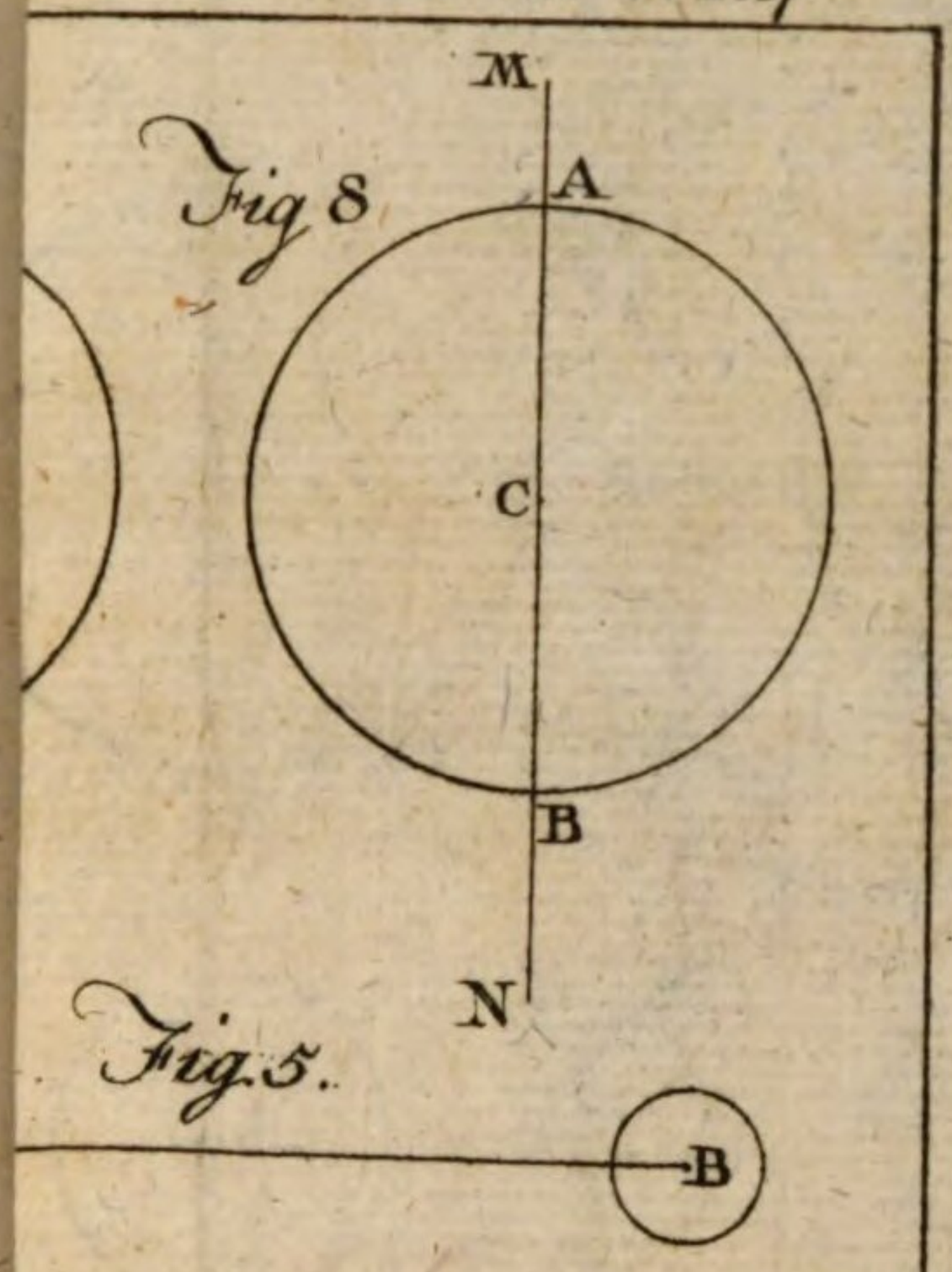
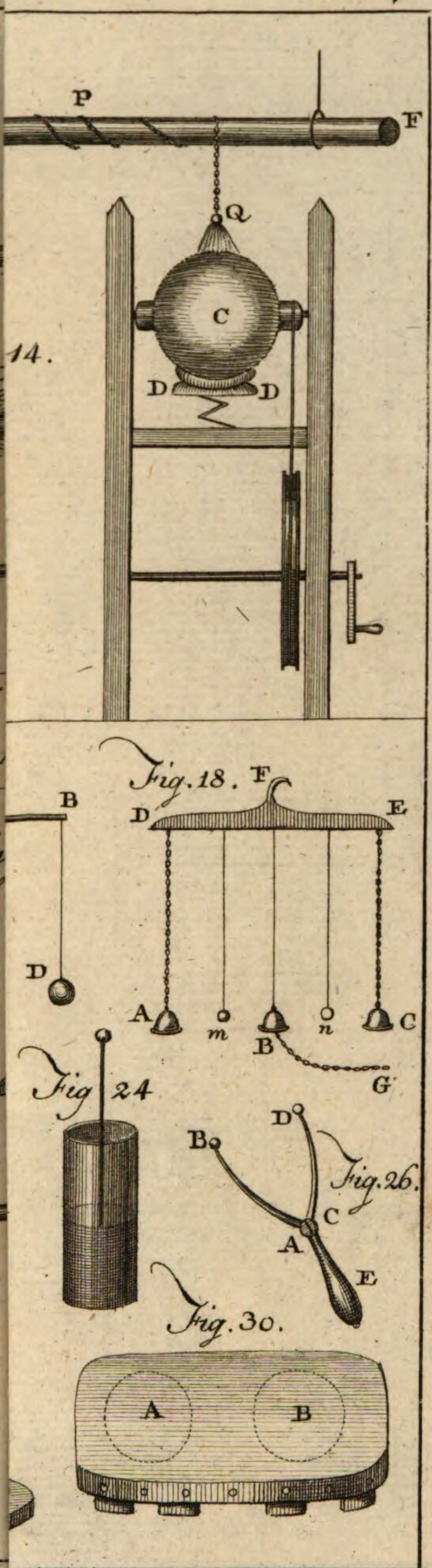


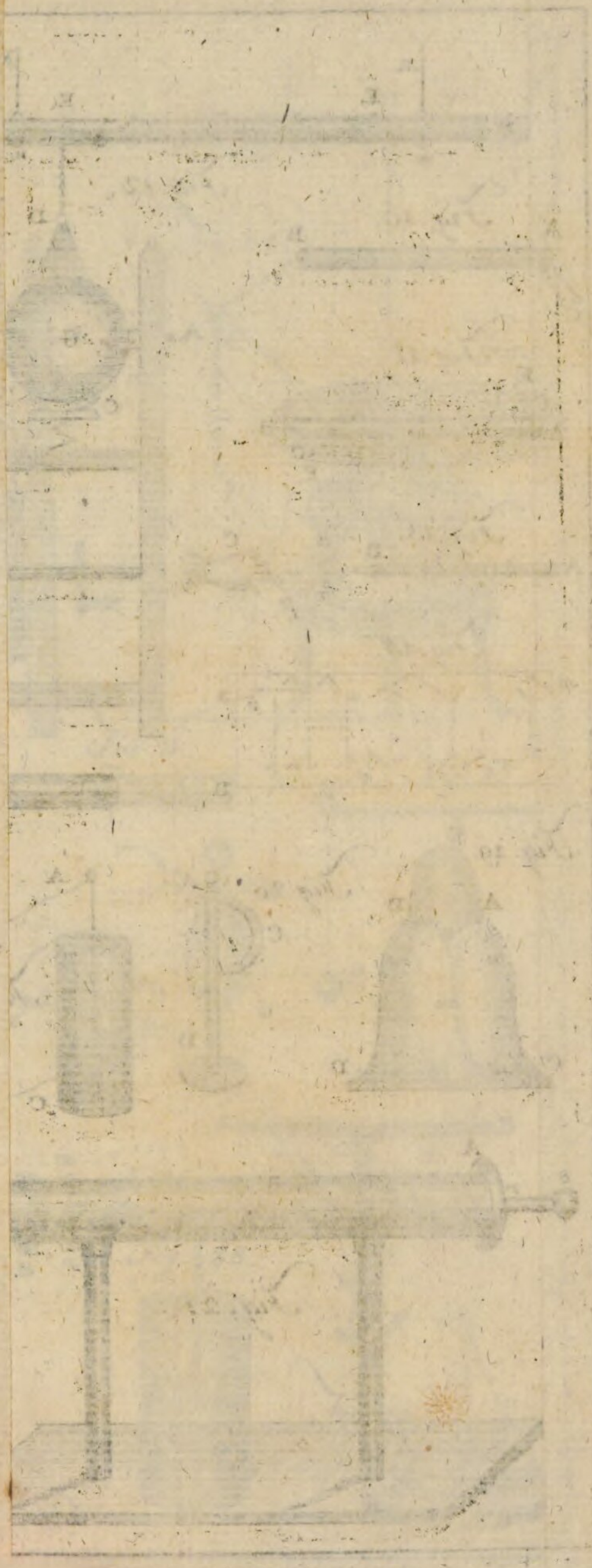
Fig 8

Fig. 5.

Fig. 6.

Fig 1.
A
B
Fig 2.
C
Fig 4.
Moon
Fig 5.
Earth
A
C
B
Fig 6.
L
M
B
A


P
F
Q
C
D
D
14.
Fig. 18.
F
B
D
E
D
A
m
B
n
C
G
Fig 24
D
B
Fig. 26.
C
A
E
Fig. 30.
A
B



BSB Bayerische StaatsBibliothek
MDZ Münchener DigitalisierungsZentrum Digitale Bibliothek

Euler, Leonhard,

Leonhard Eulers Briefe über verschiedene Gegenstände aus der Naturlehre

Bd.: 2

Leipzig (1793)
Phys.g. 116-2
urn:nbn:de:bvb:12-bsb10130997-3
VD18 80264956-001